



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad de la Energía, Las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

#### Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con cobro automático para  
un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica.

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico

#### **AUTOR:**

Robert Servio Cabrera Cabrera

#### **DIRECTOR:**

Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## **Certificación**

Loja, 01 de agosto del 2023

Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del señor **Robert Servio Cabrera Cabrera**, con **cédula de identidad Nro. 1104672249**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Robert Servio Cabrera Cabrera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación: **Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**C.I:** 1104672249

**Fecha:** 1 de agosto de 2023

**Correo electrónico:** [rscabrerac@unl.edu.ec](mailto:rscabrerac@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0987374048

**Carta de autorización por parte del autor, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Robert Servio Cabrera Cabrera**; declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica**. como requisito para optar al título de Ingeniero **Electromecánico**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el repositorio digital institucional, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La universidad nacional de Loja, no se responsabiliza en caso de identificarse por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a un día del mes de agosto del año dos mil veintitrés.



**Firma:** .....

**Autor:** Robert Servio Cabrera Cabrera

**C.I:** 1104672249

**Dirección:** Loja, Labanda

**Teléfono:** 0987374048

**Correo electrónico:** [rscabrerac@unl.edu.ec](mailto:rscabrerac@unl.edu.ec)

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de trabajo de titulación:** Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

En la vida una de las cosas más importantes que te puede pasar es el apoyo de seres que te aprecian mucho y gracias a Dios he tenido los mejores padres del mundo, porque han sabido apoyarme y a pesar de las circunstancias nunca me dejaron solo, así como también muchas personas que si tuviera que ponerlos en una lista no entrarían en una hoja, me siento agradecido y afortunado de haberlos conocido, y este proyecto en donde puse todo mi esfuerzo, es dedicado para ellos, porque siempre me quisieron ver bien y apoyaron en mis sueños y proyecto de vida, son parte de mi historia, de mis victorias, este documento es la prueba pura de que si alguien alguna vez siente que perdió el camino, pues siempre tendrá otra oportunidad para progresar y cumplir sus sueños, siempre y cuando ponga su fe en Dios.

***Robert Cabrera***

## **Agradecimiento**

Un agradecimiento eterno para una persona en especial a la Sra. Gloria Freire Soto, que más que mi abuela es mi segunda madre y gracias a ella me formé de pequeño con buenos valores y principios.

A mis compañeros y docentes de la Universidad que junto a esta prestigiosa institución supieron compartir sus conocimientos, experiencias laborales, y valores que día a día me fueron formando como un profesional de bien.

A la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente. Y al Centro de Investigaciones Energéticas-CITE de la UNL que, junto a los Ingenieros Marco Rojas, Luis Quizhpe, y mi tutor del Trabajo de Titulación Julio Gómez me guiaron de manera técnica en el desarrollo de este proyecto.

Así mismo agradecer de todo corazón a mis compañeros de Universidad ahora colegas que gracias a la vida nos ha reunido para seguir compartiendo nuevas metas y sueños, los Ingenieros Franco Guaycha, Juan Celi, Carlos Delgado, Alex Sanmartín y José Taday.

***Robert Cabrera***

## Índice de contenido

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenido</b> .....	vii
Índice de tablas. ....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiv
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
2.1 Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	6
4.1 Capítulo I: Electrolineras.....	6
4.1.1 Sistemas de carga eléctrica.....	6
4.1.2 Carga lenta y semi rápida.....	7
4.1.3 Carga Rápida. ....	7
4.1.4 Tarifas de carga de las electrolineras.....	8
4.1.5 Tarifas del sector privado. ....	9
4.2 Capítulo II: Sistemas de cobro automatizados.....	9
4.2.1 Arduino. ....	9
4.2.2 Arduino Mega 2560. ....	10
4.2.3 Características de Arduino Mega. ....	10
4.2.4 Especificaciones Arduino Mega. ....	11
4.2.5 Estructura de la interfaz de programación de Arduino de IDE. ....	11
4.2.6 Software IDE 2.0 (Arduino Pro).....	11
4.2.7 Nextion. ....	12

4.2.8	Nextion editor .....	13
4.2.9	Modelos de pantalla Nextion.....	13
4.3	Capítulo III. Vehículos de movilidad personal.....	15
4.3.1	Scooter Eléctrico. ....	16
4.3.2	Características de los Scooter eléctricos.....	16
4.3.3	Autonomía. ....	17
4.3.4	Recarga. ....	17
4.3.5	Potencias nominales de scooters eléctricos. ....	17
4.3.6	Tipos de conectores de cargador para scooter eléctricos. ....	18
4.4	Capítulo III: Sistemas fotovoltaicos. ....	19
4.4.1	Efecto fotovoltaico.....	19
4.4.2	Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.....	19
4.4.3	Sistemas fotovoltaicos aislados. ....	20
4.4.4	Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo o aislado. ....	21
4.4.5	Módulos fotovoltaicos. ....	21
4.4.6	Controlador o regulador de carga.....	22
4.4.7	Funcionamiento del regulador de carga .....	22
4.4.8	Acumulador electroquímico (baterías). ....	23
4.4.9	Tipos de baterías.....	24
4.4.10	Baterías de ácido plomo. ....	24
4.4.11	Baterías de litio (Li-Ion). ....	25
4.4.12	Ritmo de carga y descarga de una batería:.....	25
4.4.13	Características de baterías de iones de Litio.....	26
4.4.14	Características de baterías plomo ácido. ....	27
4.5	Capítulo IV: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	28
4.5.1	Geometría solar. ....	28
4.5.2	Ángulo horario ( $\omega$ ).....	29
4.5.3	Declinación ( $\delta$ ). ....	29
4.5.4	Hora solar ( $Wt$ ). ....	30
4.5.5	Radiación solar.....	30
4.5.6	Ubicación de un sistema FV. ....	31
4.5.7	Producción energética. ....	32
4.5.8	Pérdidas de sistemas fotovoltaicos.....	33
4.5.9	Cálculo de la radiación sobre superficie inclinada y horas solares.....	34
4.5.10	Estimación del rendimiento global. ....	34
4.5.11	Cálculo de la potencia pico del arreglo fotovoltaico. ....	35
4.5.12	Capacidad del regulador. ....	35

4.5.13	Protecciones en sistemas fotovoltaicos.....	35
4.5.14	Protecciones para corriente directa.....	35
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>37</b>
5.1	Área de trabajo.....	37
5.2	Equipos y materiales.....	38
5.2.1	Equipos .....	38
5.2.2	Materiales.....	38
5.3	Procedimiento.....	39
5.3.1	Primer objetivo: Diseñar sistema de cobro automático para una estación de carga para un scooter eléctrico. ....	39
5.3.2	Segundo Objetivo. (Dimensionar un sistema fotovoltaico para la estación de carga eléctrica). .	41
5.3.3	Tercer objetivo. Construir prototipo de estación de carga para un scooter. ....	46
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>47</b>
6.1	Primer objetivo: Diseñar sistema de cobro automático para una estación de carga para un scooter eléctrico.....	47
6.1.1	Circuito de control: .....	47
6.1.2	Programación en Software IDE Arduino.....	50
6.1.3	Programación en Pantalla Nextion.....	51
6.2	Segundo objetivo: Dimensionar un sistema fotovoltaico para la estación de carga eléctrica. 52	
6.2.1	Demanda energética.....	54
6.2.2	Rendimiento del sistema.....	54
6.2.3	Demanda de energía diaria máxima de consumo.....	56
6.2.4	Energía generada.....	56
6.2.5	Potencia pico del sistema fotovoltaico.....	56
6.2.6	Número de módulos fotovoltaicos seleccionados.....	57
6.2.7	Capacidad total de acumulación.....	59
6.2.8	Capacidad del banco de baterías según voltaje del sistema.....	59
6.2.9	Número de batería para el banco.....	59
6.2.10	Capacidad de controlador de carga.....	60
6.2.11	Dimensionamiento de conductores.....	61
6.2.12	Selección de protecciones.....	62
6.2.13	Esquema eléctrico general del sistema.....	63
6.3	Tercer objetivo: Construir prototipo de estación de carga para un scooter.....	63
6.3.1	Diseño en software a CAD del prototipo de estación de carga autónoma.....	63

6.3.2	Planos en 3d del prototipo de estación de carga. ....	64
6.3.3	Elaboración de presupuesto y materiales.....	65
6.3.4	Construcción de estructura de prototipo. ....	67
6.3.5	Implementación de circuito electrónico.....	68
6.3.6	Pruebas de funcionamiento.....	70
<b>7.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>74</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>77</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>78</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>79</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>84</b>

## **Índice de tablas:**

<b>Tabla 1.</b> Vehículos de movilidad personal.....	15
<b>Tabla 2.</b> Características de los scooters eléctricos según su rango. ....	18
<b>Tabla 3.</b> Demanda energética diaria.....	42
<b>Tabla 4.</b> Tabulación de datos de cargas del sistema. ....	53
<b>Tabla 5.</b> Características técnicas de módulo fotovoltaico elegido para el sistema .....	58
<b>Tabla 6.</b> Proforma de Equipos y materiales de proyecto. ....	65
<b>Tabla 7.</b> Pliego tarifario según demanda eléctrica para estaciones de carga rápida. ....	84
<b>Tabla 8.</b> Valor de k según latitud, mes del año y ángulo de inclinación óptima del panel. ....	85

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Elementos que conforman una electrolinera. ....	6
<b>Figura 2.</b> Cargador AC de carga lenta convencional. ....	7
<b>Figura 3.</b> Límite de servicio de carga para vehículos eléctricos .....	8
<b>Figura 4.</b> Arduino Mega 2560.....	10
<b>Figura 5.</b> Pantalla principal de IDE de Arduino. ....	12
<b>Figura 6.</b> Editor principal del editor de Nextion.....	13
<b>Figura 7.</b> NEXTION Display NX3224T024 3,5 pulgadas. ....	14
<b>Figura 8.</b> Patinete Eléctrico (Scooter).....	16
<b>Figura 9.</b> Tipos de conectores de cargador para scooter eléctrico. ....	18
<b>Figura 10.</b> Generación de electricidad en una celda fotovoltaica. ....	19
<b>Figura 11.</b> Demanda anual de energía solar fotovoltaica por regiones, 2015-2024. ....	20
<b>Figura 12.</b> Configuraciones típicas de Sistemas Fotovoltaicos. ....	21
<b>Figura 13.</b> Esquema eléctrico de un regulador de carga. ....	22
<b>Figura 14.</b> Curvas de carga lenta, rápida y ultrarrápida de baterías de ion-Li.....	27
<b>Figura 15.</b> Curvas de carga lenta, rápida y ultrarrápida de baterías de plomo-ácido.....	28
<b>Figura 16.</b> Posición de la tierra con respecto al sol. ....	29
<b>Figura 17.</b> Piranómetro FIRST CLASS LSI LASTEM.....	31
<b>Figura 18.</b> Ubicación geográfica con respecto a la ciudad de Loja de la universidad.....	37
<b>Figura 19.</b> Ubicación geográfica del lugar de implementación con respecto a la universidad. .....	37
<b>Figura 20.</b> Diagrama general de estación de carga con sistema fotovoltaico autónomo. ....	39
<b>Figura 21.</b> Módulo de relé de 1 canal DC 5V.....	48
<b>Figura 22.</b> Módulo elevador de voltaje ajustable dc-dc.....	49
<b>Figura 23.</b> Monedero Electrónico Frente Cromado. ....	49
<b>Figura 24.</b> Flujograma de sistema de recarga. ....	50
<b>Figura 25.</b> Interfaz, pantalla inicial de control.....	51
<b>Figura 26.</b> Interfaz, pantalla de selección de voltaje de salida. ....	51
<b>Figura 27.</b> Interfaz, pantalla en modo activación de carga. ....	52
<b>Figura 28.</b> Radiación promedio global de la estación Meteorológica ubicada en la Universidad Nacional de Loja año 2022.....	53
<b>Figura 29.</b> Curva de Temperatura promedio mensual de la ciudad de Loja sector La Argelia. .....	55
<b>Figura 30.</b> Panel fotovoltaico de silicio puro policristalino.....	58

<b>Figura 31.</b> Controlador de carga marca Powest de 60 A MPPT.....	60
<b>Figura 32.</b> Plano estructural de prototipo de estación de carga. ....	64
<b>Figura 33.</b> Diseño 3d de prototipo de estación. ....	64
<b>Figura 34.</b> Estructura de la estación de carga en tol galvanizado. ....	67
<b>Figura 35.</b> Implementación de los elevadores de voltaje en la base de acrílico. ....	69
<b>Figura 36.</b> Instalación de la placa Arduino Mega, relé y módulo reductor de voltaje para protección del sistema de control.....	69
<b>Figura 37.</b> Instalación de cableado, bornes de distribución y controlador de carga solar. ....	69
<b>Figura 38.</b> Pantalla de inicio. ....	70
<b>Figura 39.</b> Interfaz de pantalla táctil en buen funcionamiento. ....	71
<b>Figura 40.</b> Ventana en modo recarga. ....	71
<b>Figura 41.</b> Scooter conectado a la estación recargando su batería.....	72
<b>Figura 42.</b> Conexión en paralelo del grupo fotovoltaico. ....	72
<b>Figura 43.</b> Medición de valor de voltaje en dc, salida de matriz FV. ....	73
<b>Figura 44.</b> Controlador de carga activado y en funcionamiento. ....	73
<b>Figura 45:</b> Mapa de Electrolineras de Ecuador.....	86
<b>Figura 46:</b> Tarjeta de programación Arduino Mega. ....	87
<b>Figura 47.</b> Módulo relé 5V, 10A.....	91
<b>Figura 48.</b> Módulo elevador de voltaje dc-dc .....	92
<b>Figura 49.</b> Ficha técnica Batería marca POWEST .....	93
<b>Figura 50.</b> Ficha técnica Batería marca POWEST .....	94
<b>Figura 51:</b> Pantalla NEXTIÓN TFT .....	95
<b>Figura 52:</b> Característica técnica monedero electrónico.....	96
<b>Figura 53:</b> Ficha técnica controlador de carga marca POWEST .....	97
<b>Figura 54.</b> Mapa con latitud y longitud del lugar de emplazamiento de la estación. ....	98
<b>Figura 55.</b> Mapa con latitud y longitud del lugar de emplazamiento de la estación. ....	99
<b>Figura 56.</b> Mapa con latitud y longitud del lugar de emplazamiento de la estación. ....	100

## **Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Datos complementarios.....	84
<b>Anexo 2.</b> Puntos de estaciones de recarga eléctrica en Ecuador. ....	86
<b>Anexo 3.</b> Arduino Mega 2560. ....	87
<b>Anexo 4.</b> Entrevista sobre características técnicas de scooters distribuidos en la ciudad. ....	88
<b>Anexo 5.</b> Variables de entrada y salida del código desarrollado para control de sistema de carga de la estación. ....	90
<b>Anexo 6.</b> Características técnicas módulo relé OPTO disparador de alto nivel voltaje. ....	91
<b>Anexo 7.</b> Módulo elevador de voltaje seleccionado. ....	92
<b>Anexo 8.</b> Ficha técnica de batería POWEST 12V 100 A h ....	93
<b>Anexo 9.</b> Características técnicas pantalla Nextion 3,5 pulgadas seleccionada. ....	95
<b>Anexo 10.</b> Características técnicas del Monedero electrónico seleccionado. ....	96
<b>Anexo 11.</b> Ficha técnica de regulador de carga seleccionado. ....	97
<b>Anexo 12.</b> Mapa de emplazamiento de estación de carga en coordenadas geográficas. ....	98
<b>Anexo 13.</b> Características técnicas de panel fotovoltaico 100W.....	99
<b>Anexo 14.</b> Esquema eléctrico general de conexión del sistema. ....	101

## **1. Título**

**Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica**

## 2. Resumen

El presente trabajo de titulación trata sobre el diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con sistema de cobro automatizado, para un scooter eléctrico alimentado con energía fotovoltaica. El sistema que conforma el prototipo se compone de 3 partes que son: El banco de baterías, el sistema automatizado de cobro y el sistema fotovoltaico autónomo que va a energizar el sistema.

El banco de baterías está conformado de 4 baterías de 100 Ah cada una a 12 V, las cuales almacenan energía para ser utilizada en la carga de scooter eléctricos más comerciales de la ciudad de Loja.

El sistema de cobro está diseñado para que el usuario introduzca una moneda (1 dólar Americano) y poder pasar a la ventana de inicio de selección de carga, esta ventana nos presenta los distintos niveles de voltaje (36 V, 48 V, 54 V, 60 V), que puede seleccionar el usuario de acuerdo a su modelo de scooter, el sistema cuenta con un tiempo límite de carga de 30 minutos, una vez transcurrido el tiempo, el sistema se detiene automáticamente y vuelve a la pantalla de inicio y se vuelve a repetir el ciclo.

Por último, todo el sistema está alimentado por un sistema fotovoltaico autónomo (SFA), por otra parte, son 3 paneles policristalinos de 18 V, conectados en paralelo, la carga producida por los paneles se conecta a un regulador de carga de 60 A.

***Palabras clave:*** Estación de carga eléctrica, Scooter eléctrico, Vehículo de movilidad personal, Sistema fotovoltaico Autónomo, Pantalla táctil.

## 2.1 Abstract

In the research, a design and construction of a prototype of a charging station with an automatic charging system for an electric scooter powered by photovoltaic energy were carried out. The system that makes up the prototype consists of three parts which are the battery bank, the automated charging system, and the autonomous photovoltaic system that will energize the prototype.

The battery bank consists of two batteries of 100 Ah each one of 12 V, which store energy to be used to charge most commercial electric scooters in the city of Loja.

The charging system is designed for the user to insert a coin (1 American dollar) and go to the main menu of the charge selection. This menu presents the different voltage levels (36V, 48V, 54V, 60V) which can be selected by the user according to the scooter model. The system has a charging time limit of 30 minutes, once the charging time has elapsed, the system stops automatically and returns to the home screen, and repeats the cycle.

Finally, the whole system is powered by a stand-alone photovoltaic system (SFA), on the other hand, three polycrystalline panels of 18V are connected in parallel. The charging produced by the panels is connected to a 60A charge controller.

**Key Words:** Electric charger station, Electric scooter, Personal mobility vehicle, Photovoltaic system, Touch panel.

### 3. Introducción

En el Ecuador la implementación de electrolinerías para el transporte público ha crecido en un porcentaje considerable, a partir del año 2014 en las principales ciudades del país. Para octubre del año 2022 El Servicio de Rentas Internas (SRI) reportó 53 modelos de vehículos eléctricos vendidos. Llevando así a la masificación de vehículos eléctricos con el paso del tiempo, y esto depende de infraestructuras energéticas que puedan dar servicio a este creciente negocio, esto sin duda ayuda a incrementar la eficiencia energética, así como también protege el medio ambiente y con ello la salud. Este aumento de vehículos crea la necesidad de implementar estaciones de carga para abastecer a la creciente demanda, es así como en la actualidad tenemos un mapa de electrolinerías (ver **Anexo 2**) en el país que dan el servicio de recarga a los diferentes tipos de vehículos eléctricos, ya sean de transporte público o privado y aunque por ahora son escasas, se estima un aumento de estaciones de carga en los próximos años.

Sin embargo, la prestación del servicio de carga eléctrica para vehículos de movilidad personal, no ha tenido un desarrollo significativo, a pesar de la ventaja que pueden realizar sus recargas en casa sin necesidad de algún tomacorriente de carga especial, frente a los usuarios de vehículos eléctricos que necesitan de instalaciones técnicamente implementadas. Pero viendo la necesidad de usuarios que cada vez más se unen al uso de este tipo de transporte para salir a sus labores diarias, y por cuestiones de tiempo necesitan estaciones de carga que puedan recargar sus baterías en el camino. Se pretende construir un prototipo de estación de carga con cobro automatizado para que los usuarios realicen sus recargas a cambio de una tarifa. Un estudio de Arnaiz (2015) en la actualidad demuestra que, en países del primer mundo, el uso de scooter eléctricos y vehículos que usan energía eléctrica como fuente de alimentación, está creciendo con el paso de los años. Una de las causas es por el calentamiento global ya que los gobiernos de cada país motivados por los objetivos de sostenibilidad de la ONU (Organización de Naciones Unidas) incentivan el uso de estos vehículos para tratar de minimizar el impacto de los gases nocivos lanzados al ambiente por los vehículos de combustión interna, y también por acabar con uno de los problemas más grandes de cada ciudad en desarrollo que es el tráfico y contaminación en el medio urbano.

Por lo tanto, el presente proyecto denominado “Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con sistema de cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica.”, tiene por objetivo principal construir un prototipo de estación de carga con cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica; busca cumplir con los 3 pasos siguientes: diseño de un sistema de cobro automático para una estación

de carga para un scooter eléctrico, de la misma forma, como segundo paso se hace el dimensionamiento del sistema fotovoltaico que alimentará el sistema y finalmente se hará la implementación del prototipo, consiguiendo así el objetivo principal del proyecto.

La primera parte se describe toda la información técnica pertinente para el desarrollo del diseño y construcción del prototipo de estación de carga, con sistema de cobro automático; en la segunda parte, se describe el proceso para el dimensionamiento y desarrollo de un sistema de cobro de energía eléctrica para la carga de scooters, el cual está conformado por 2 fases que son; dimensionamiento de sistema de carga y diseño de sistema de cobro automático,

En la tercera parte se hace un dimensionamiento de los equipos y paneles solares necesarios que cumplan la demanda energética de la estación, y el cuarto y último paso que se divide en dos fases la primera fase son, modelado de planos en herramientas CAD y el segundo paso es la construcción del prototipo de estación de carga alimentado con energía solar.

### **Objetivo general.**

Construir un prototipo de estación de carga con cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica.

### **Objetivos específicos.**

- Diseño de sistema de cobro automático para una estación de carga para un scooter eléctrico.
- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para estación de carga eléctrica.
- Construir prototipo de estación de carga para un scooter.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Capítulo I: Electrolineras

Una electrolinera es una estación de recarga que tiene como principio entregar energía eléctrica al sistema de baterías de transporte eléctrico o híbridos, con métodos que acortan el tiempo común de recarga de las baterías (Leon Duchi & Quituisaca Verdugo, 2019). Los componentes que conforman una estación de carga o electrolinera son, la fuente de energía eléctrica por la cual se abastece, esta puede ser de la red pública o bien usando energías renovables, también se conforma con un controlador de corriente directa (dc/dc) o de corriente alterna a corriente directa (ac/dc) según sea el caso, dependiendo del tipo de sistema también puede estar conformado con un inversor de corriente de carga y para guardar y entregar la energía necesita de un banco de baterías que es el encargado de suministrar la potencia eléctrica necesaria para recargar un vehículo eléctrico. El diagrama de bloques de la **Figura 1**, muestra a detalle los componentes que involucran el sistema completo de una electrolinera conectada a una red, empezando desde la parte superior que indica las dos formas de alimentación del sistema que en este caso consta de las fuentes de energía alternativa y la red pública para cuando la carga exija más demanda, esta energía generada pasa por el controlador de carga hasta llegar al banco de baterías para luego pasar por un bypass que trabaja de tal manera que activa y desactiva las dos salidas de energía según sea la demanda energética de la carga y en la última etapa tenemos un inversor de corriente encargado de convertir la misma antes de llegar al vehículo (Guaman, 2016).



**Figura 1.** Elementos que conforman una electrolinera.

**Fuente.** (Guaman, 2016).

#### 4.1.1 Sistemas de carga eléctrica.

Actualmente la carga conductiva es la más usada y cuenta con un desarrollo continuo en búsqueda de tecnologías más eficientes de carga. Consiste en conectar el auto eléctrico a un

tomacorriente por medio de un cable. En este sistema de carga se encuentra con tres modalidades: carga lenta, semi rápida y rápida.

#### 4.1.2 Carga lenta y semi rápida.

Según Tarazona (2020), las empresas que producen automóviles como Nissan, Tesla, BMW, Renault, Kia, BYD y otras, han decidido invertir en el desarrollo de vehículos eléctricos, y ya disponen de modelos que se están vendiendo rápidamente en el mercado internacional. Los cargadores AC que ofrecen estas empresas para sus vehículos eléctricos, usan la misma red de baja tensión del suministro eléctrico doméstico para recargar sus baterías, con una potencia desde 2.5 kW en carga lenta (enchufe estándar Schuko) hasta 7.2 kW en carga semi rápida (cargadores de pared), que permiten una carga completa de las baterías, dependiendo de su capacidad, en un intervalo de 6 a 8 horas, y 3 a 4 horas respectivamente. En la **Figura 2** se muestra una ilustración que representa el sistema de carga rápida instalado, alimentado con energía de baja tensión.



**Figura 2.** Tipo de carga lenta convencional.

**Fuente.** (Tarazona, 2020).

#### 4.1.3 Carga Rápida.

Esta nueva tecnología se ha implementado en China, Estados Unidos y Europa con gran éxito y una red sólida de estaciones de carga rápida, que permiten al usuario recargar su vehículo en un intervalo de 15 a 30 minutos para una batería con autonomía aproximada de 200 a 250 km. Estas estaciones de carga rápida se conectan directamente a líneas de transmisión de media tensión y soportan una potencia de hasta 50 kW, que disponen de un sistema multi estándar de diferentes conectores de carga, ya sean CHAdeMO (vehículos de origen japonés), CCS (vehículos de origen americano y europeo), o un conector AC de carga lenta (Tarazona, 2020)

A diferencia de una estación de combustible, estas estaciones de carga rápida ofrecen una mayor diversificación y cobertura, aún por desarrollar, ya que pueden instalarse en centros laborales, comerciales o cualquier zona de aparcamiento vehicular que cuente con la instalación

eléctrica adecuada, lo que facilitará la accesibilidad al usuario. Red nacional de electrolíneas en Ecuador.

Varus (2020) establece un total de 54 estaciones de carga de acceso público existentes en el país hasta el año 2020. Estos centros de carga se encuentran en centros comerciales y parques. Entonces su infraestructura es importante analizar para conocer cuáles son los estándares de carga que ofrecen. Son 5 tipos de estándares de carga que son los que hemos investigado en este estudio que existen en el Ecuador. Y a nivel mundial la industria automotriz cuenta con 8 estándares de carga: SAEJ1772 (tipo 1) en AC, GB/T en AC y DC, Mennekes (tipo 2) en AC, chademo en DC, CCS1 en DC, CCS2 en DC.

#### 4.1.4 Tarifas de carga de las electrolíneas.



**Figura 3.** Límite de servicio de carga para vehículos eléctricos  
**Fuente.** (ARCONEL, 2019).

Actualmente la norma para el límite de costo de servicio de carga para vehículos eléctricos según el pliego tarifario **Figura 3**, establece un precio por el kilovatio hora de servicio según el tipo de vehículos.

Los precios que cobran por su servicio de carga eléctrica, las diferentes estaciones según las empresas privadas ya establecidas en el país son:

EL rubro de tarifa de cobro en el sistema eléctrico nacional nos basamos en el pliego tarifario de la ARCONEL en su resolución Nro. – 008/19 (02 de mayo de 2019) Resolución Nro.– 002/19 (31 de enero de 2019) que nos dice en su tabla de tarifas de bajo voltaje con

demanda horaria para vehículos eléctricos es de 0.08, 0.10, y 0.05 ctvs. de dólar según la hora de uso del servicio de carga y la **Tabla 7** que nos indica la tarifa de cobro para estaciones de recarga rápida.

#### **4.1.5 Tarifas del sector privado.**

De acuerdo con diario el Universo (2022) sobre el costo de la carga para el usuario, Germán Ramírez, gerente general de Terpel Ecuador (empresa de suministro de combustible), indicó que se cobrará 25 centavos de dólar el kWh, que para un vehículo con 50 kW de capacidad representará entre 10 y 12 dólares por carga completa.

La compañía de taxis lojana denominada “Electri Loja Ecolosur S.A”, en este caso la tarifa general de alta tensión para las estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos, las tarifas dispuestas por la ARCONEL a usuarios de baja tensión explican expone que a usuarios con vehículos eléctricos BYD E5 que usan el cargador rápido durante el día, cancelan USD \$2.7 por la carga de 18 kWh en un tiempo de 25 minutos. Esta ventaja no la tienen los propietarios de los vehículos KIA SOUL EV que cargan sus vehículos con el pliego tarifario normal según la misma agencia de regulación (Jaramillo, 2019).

## **4.2 Capítulo II: Sistemas de cobro automatizados.**

Conjunto de procesos, principios, normas o medidas que gestionan la adquisición de una tarifa por concepto de compra o pago de algún servicio. Este proceso se certifica mediante un documento legal, como facturas, pagarés y letras de cambio; cuyo medio de transacción se lo puede realizar a través de diferentes medios como: efectivo, a través de diversos sistemas de transacción; como cobranza digital, transacciones bancarias, intercambio de bienes y servicios, transacciones interinstitucionales, créditos y débitos (Mendoza S. M., 2012).

La automatización implica la reducción o eliminación de la intervención humana en los procesos productivos mediante el uso de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el objetivo de optimizar y mejorar la producción. Asimismo, la automatización supone la incorporación estratégica de información avanzada e innovaciones de ingeniería en los procesos productivos. De esta forma, la automatización se compone de una parte operativa que realiza las distintas actividades del proceso con los elementos que lo integran; y una parte de control que coordina las actividades del proceso, incluyendo el control de calidad, la gestión de herramientas y las operaciones de supervisión. (Ávila, 2020).

### **4.2.1 Arduino.**

Según Softzone (2022), Arduino es una empresa dedicada al desarrollo de hardware y software libre que lleva su nombre. Sin embargo, cuando hablamos de él, normalmente nos referimos a las placas que podemos adquirir, compuestas por un microcontrolador (usualmente

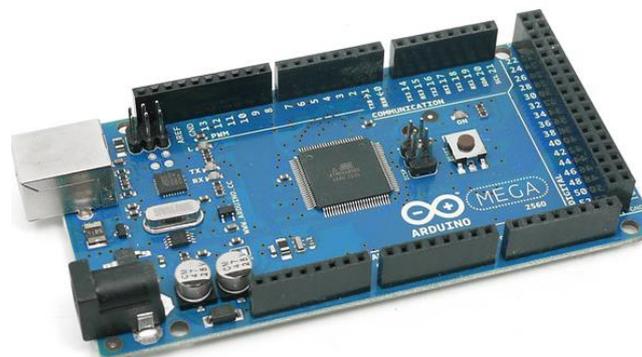
un AVR Atmel de 8 bits), una memoria y un sistema de almacenamiento con el que se puede realizar cualquier proyecto. Las placas, por lo general, cuentan también con una serie de pines o conectores con los que podemos enlazarlas a otros circuitos electrónicos más complejos para controlarlos.

Las placas más habituales que podemos encontrar en el mercado, y que cualquier programador puede comprar para empezar a programar con ellas, son:

- Arduino Nano
- Arduino Micro
- Mega 2560
- Arduino Mini
- Arduino Mega

#### **4.2.2 Arduino Mega 2560.**

Es una tarjeta de desarrollo de Hardware libre construida con el microcontrolador Atmega2560, que le da sentido a su nombre. Forma parte del proyecto Arduino que involucra una comunidad internacional dedicada al diseño y manufactura de placas de desarrollo de hardware (Veloso, 2018). En la **Figura 4** observamos una placa Mega Arduino común que podemos encontrar en cualquier tienda electrónica.



**Figura 4.** Arduino Mega 2560.  
**Fuente.** (Veloso, 2018).

#### **4.2.3 Características de Arduino Mega.**

Para una información más detallada se observa en el **Anexo 3** el Arduino Mega 2560 se compone de 54 pines de entrada/salida, 14 de ellos son salidas de PWM (Modulación por ancho de pulso), y otras 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos serial).

La velocidad del microcontrolador cuenta con un Cristal de 16 MHz y una memoria Flash de 256 K. Su rango de voltaje de entrada de 7 y 12 V, se recomienda una tensión de entrada de 9 V.

La comunicación entre la tarjeta Arduino y la computadora se establece a través del puerto serie, cuenta con un convertidor interno USB – SERIE de manera que no es necesario agregar ningún dispositivo externo para programar el microcontrolador (Veloso, 2018).

#### **4.2.4 Especificaciones Arduino Mega.**

- **Microcontrolador:** ATmega2560
- **Voltaje Operativo:** 5 V
- **Tensión de Entrada:** 7-12 V
- **Voltaje de Entrada(límites):** 6-20 V
- **Pines digitales de Entrada/Salida:** 54 (de los cuales 14 proveen salida PWM)
- **Pines análogos de entrada:** 16
- **Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida:** 40 mA
- **Corriente DC entregada en el Pin 3.3V:** 50 mA
- **Memoria Flash:** 256 kB (8 kB usados por el bootloader)
- **SRAM:** 8 kB
- **EEPROM:** 4 B
- **Clock Speed:** 16 MHz

#### **4.2.5 Estructura de la interfaz de programación de Arduino de IDE.**

De acuerdo con Softzone (2022) Esta placa se basa en un microcontrolador del modelo ATMEL, en este podemos grabar instrucciones para que ejecute automáticamente sin estar manipulando de forma física. Estas instrucciones se envían gracias a un software llamado Arduino IDE, el cual es un Entorno de Desarrollo Integrado oficial de la misma marca.

#### **4.2.6 Software IDE 2.0 (Arduino Pro)**

El lenguaje del IDE de Arduino está basado su código de programación es en C++, por tanto, para programar esta placa, incluso puede enviarle las instrucciones directamente en C++ en las versiones más nuevas del IDE.

Existe desde hace un tiempo y será útil en esta situación saber algo de programación ya que con este tipo de programas cada vez más nos facilitan el trabajo.

Arduino IDE soporta otros lenguajes de programación alternativos, como son:

- C (sin las extensiones de C++).
- Wiring (una plataforma de prototipado electrónico formada por un lenguaje de programación, un entorno de desarrollo integrado (IDE) y un microcontrolador).

- Processing (un lenguaje de programación basado en Java, pero enfocado a placas electrónicas).

Entre sus principales características que encontramos en la **Figura 5** tenemos las siguientes (softzone, 2022).

- Tres modos de funcionamiento: Modo dual, modo clásico (idéntico al IDE clásico de Arduino) y modo profesional (vista del sistema de archivos).
- Nuevo Library Manager.
- Para placas ARM, autocompletado de Basic.
- Integración con GIT.
- Modo oscuro.

## EL SOFTWARE ARDUINO IDE

- ✓ Verificar
- ✓ Cargar
- ✓ Nuevo
- ✓ Abrir
- ✓ Guardar
- ✓ Monitor serial
- ✓ Editor
- ✓ Notificaciones
- ✓ Indicador de puerto



**Figura 5.** Pantalla principal de IDE de Arduino.

**Fuente.** (Mendoza K. , 2018)

### 4.2.7 Nextion.

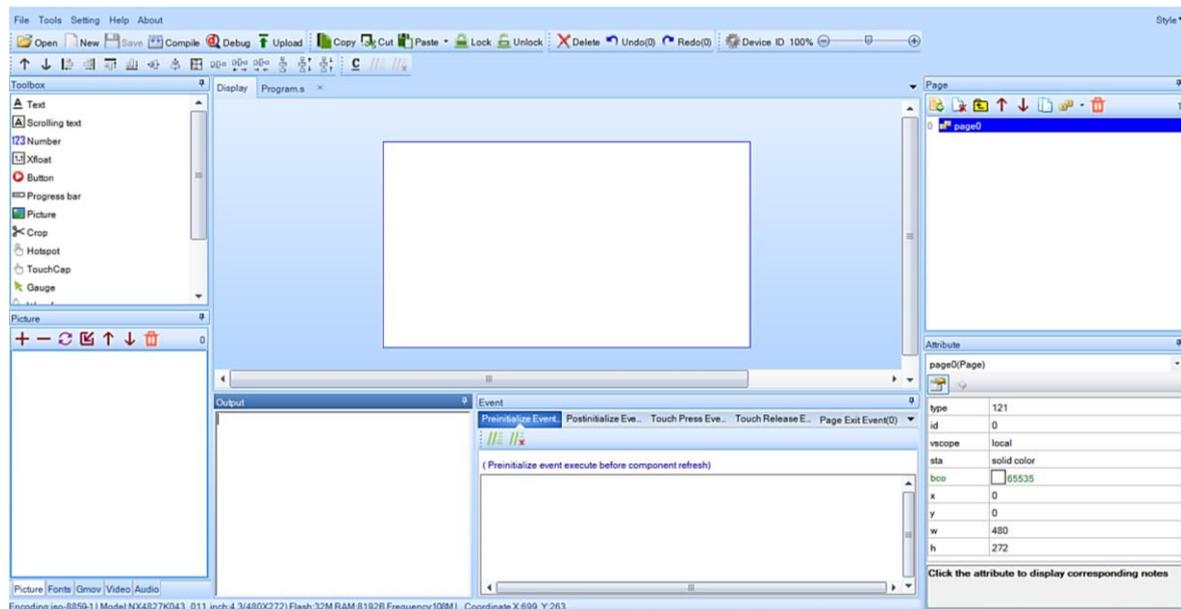
Según lo expuesto en la página web de Nextion (2023), se trata de una solución de interfaz hombre-máquina (HMI) que integra un procesador y una pantalla táctil con memoria con el software Nextion Editor para el diseño de proyectos HMI GUI.

El software Nextion Editor permite crear la GUI HMI de forma sencilla mediante la colocación de componentes (gráficos, texto, botón, deslizador, etc.) e instrucciones basadas en texto ASCII para definir cómo interactúan los componentes en el lado de la pantalla.

La pantalla HMI Nextion se comunica con el MCU periférico mediante TTL Serial (5V, TX, RX, GND) para enviar notificaciones de eventos que el MCU periférico puede procesar, el MCU periférico puede actualizar fácilmente el avance y el estado en la pantalla Nextion usando instrucciones simples basadas en texto ASCII. (NEXTION, 2023)

#### 4.2.8 Nextion editor

Según Nextion (2023) describe en su página web oficial, se utiliza Nextion editor para crear rápidamente GUI de interfaz hombre-máquina para dispositivos HMI Nextion. Como tal, la GUI se puede crear en horas en lugar de semanas, y días en lugar de meses. En el editor de Nextion se puede interactuar en tiempo real entre placa Arduino y software Nextion, mientras se trabaja en la edición del interfaz, en la **Figura 6** se puede observar el software editor de Nextion.



**Figura 6.** Editor principal del editor de Nextion.

**Fuente.** (NEXTION, 2023).

#### 4.2.9 Modelos de pantalla Nextion.

La pantalla Nextion es una Human Machine Interfaz (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización. Puede reemplazar la pantalla LCD tradicional por una pantalla táctil, como se observa en la **Figura 7**, también cuentan con un cable serial de 4 canales que son:

- **Cable color rojo:** Es la alimentación que depende del modelo de pantalla, puede ser desde 5V hasta los 12V.

- **Cable negro:** Es la conexión a tierra o gnd.
- **Cables amarillo y azul:** Son los que hacen la comunicación serial de las pantallas Nextion con el módulo o placa de control programable al que se encuentre conectado, cuenta con diferentes modelos de pantalla que son:



**Figura 7.** NEXTION Display NX3224T024 3,5 pulgadas.  
**Fuente.** (NEXTION, 2023).

- **Nextion inteligente.** Que son de la serie más avanzada, cuentan con un hardware más potente en términos de MCU para proyectos grandes y complejos, cuenta con pantallas que van desde los 4.3 hasta 10.1 pulgadas con formatos de resolución de 480\*270 hasta 1024\*600. (NEXTION, 2023).
- **Nextion Enhanced.** Es la más potente en comparación con la serie Nextion Basic. Además de un reloj MCU más rápido, la serie Enhanced admite: RTC incorporado, EEPROM 1K para datos de usuario, 8 GPIO digitales y mayor capacidad Flash. En esta serie de pantallas se pueden encontrar modelos que van desde 2.4 hasta las 7 pulgadas con formatos de resolución de 320\*420 hasta los 800\*480 (NEXTION, 2023).
- **Nextion Discovery.** En comparación con la serie básica, la serie Discovery tiene un mejor rendimiento de MCU, las mismas funcionalidades que Basic y un precio más bajo, cuentan con modelos que van desde 2.4 hasta 3.5 pulgadas, con formatos de resolución de 320\*240 hasta 480\*320. (NEXTION, 2023).
- **Nextion Basic.** Es la serie más básica y versátil suficiente para proyectos de media complejidad. Cuenta con modelos que podemos encontrar desde 2.4 a 7 pulgadas con formatos de resolución de 320\*240 hasta 800\*480. (NEXTION, 2023).

### 4.3 Capítulo III. Vehículos de movilidad personal

Tabla 1. Vehículos de movilidad personal.

<i>SCOOTER</i>	<i>MONOCICLO ELÉCTRICO</i>	<i>HOVERBOARDS</i>	<i>SEGWAY</i>
			
<p>Es un patinete tipo eléctrico, el mismo funciona con un motor eléctrico en la parte delantera o trasera. El conductor puede ir de pie o sentado.</p>	<p>El monociclo Eléctrico es un vehículo personal que cuenta con una sola rueda eléctrica, alcanza una velocidad de 20Km/h y soportan un peso de hasta 120 kg, llegando a una inclinación máxima de unos 30 grados y con una autonomía de 10 km La carga del elemento se realiza en poco tiempo (45 o 60 minutos).</p>	<p>Se trata de una plataforma con dos ruedas que poseen dos espacios para colocar los pies, este aparato posee con una batería recargable de tipo litio, con su plena carga puede llegar a movilizarse una distancia de hasta 15 y 45 km, dependiendo del tipo persona y del terreno. El tiempo de recarga está entre 1 y 2 horas.</p>	<p>Entre sus características están las ruedas que son más grandes y posee un manillar con mayor potencia. Se trata de un vehículo de transporte personal ligero, con giroscopio, motor eléctrico y de dos ruedas con auto balanceo controlado por un microprocesador integrado en el Segway. El motor es eléctrico y silencioso, alcanzando los 20 km/h y con una autonomía media de 45 km con un uso constante.</p>

Fuente. (Tumovilidad urbana.com, 2022)

### 4.3.1 Scooter Eléctrico.

El patinete eléctrico o scooter es sinónimo de una movilidad que a más de económica es limpia con el medio ambiente, logrando así desplazarse en zonas urbanas dentro de la ciudad, lo cual es preferido como un tipo de transporte por la gente que vive y tiene que desplazarse en zonas cortas de la ciudad en el día a día. En comparación con los primeros modelos, ha mejorado mucho logrando alcanzar velocidades de 30 km/h. También tenemos el desarrollo de motos eléctricas en este tipo de movilidad que se imponen en el mercado desde los últimos años, obteniendo buena acogida logrando alcanzar cada vez más público. Esto ha creado nuevas fuentes de negocio como es la de alquiler de estos vehículos 100 % eléctricos. (Aguirre & Ortega, 2020) En la **Figura 8** podemos ver un modelo estandarizado de un patinete eléctricos o scooter y las partes que lo conforman, como en la imagen específica los patinetes eléctricos también pueden tener un sillín, bluetooth y monitor para más comodidad de control del usuario.



**Figura 8.** Patinete Eléctrico (Scooter)  
**Fuente.** (Powerplanetonline.com, 2023)

### 4.3.2 Características de los Scooter eléctricos.

Una de las ventajas más destacadas de este producto es su diseño elegante y funcional, su estructura está elaborada en aluminio de alta calidad, lo que reduce su peso y facilita su

transporte, su batería le permite recorrer hasta 30 kilómetros, según el modelo, soportando una carga de 100 kg o más, cuenta con un sistema de luces que le brinda seguridad y visibilidad en la vía y su peso total es de solo 12,5 kg. (Aguirre & Ortega, 2020).

#### **4.3.3 Autonomía.**

La autonomía de un patinete o scooter eléctrico es de unos 130 minutos con tan solo una recarga de su batería al 100 %, obteniendo así un promedio de recorrido de hasta 30 km y ofreciendo como ventaja principal que puede abastecerse de energía en cualquier tomacorriente convencional. Y en el caso de las motos eléctricas, en autonomía logran recorrer una distancia mayor al patinete eléctrico, la cual puede ser entre 80 a 125 Km, dependiendo del modelo de moto eléctrica (Aguirre & Ortega, 2020).

#### **4.3.4 Recarga.**

El patinete eléctrico es una opción de transporte sostenible y eficiente que ofrece varias ventajas sobre la moto eléctrica. Una de ellas es que el patinete se puede recargar en cualquier toma de corriente convencional, con un tiempo de carga mucho más corto que el de la moto, que oscila entre 3 y 4 horas, mientras que la moto requiere entre 8 y 10 horas para completar su carga. Otra ventaja es que el patinete no necesita un conector especial para recargarse, como sí lo necesita la moto, lo cual facilita su uso en las calles de nuestra ciudad, donde no abundan este tipo de conectores.

#### **4.3.5 Potencias nominales de scooters eléctricos.**

En el mercado actual existen un sinnúmero de marcas y modelos de scooters con potencia que sobrepasan 4 kW, pero son de uso especial que requieren tomas y tiempo especiales de carga.

Según un estudio de Muvter.com (2022), los scooters eléctricos se basan en un motor eléctrico tipo brushler, una batería y un controlador de carga, que generalmente se ubica debajo de la plataforma. La potencia puede llegar a 1000 W, un valor que se ajusta a las expectativas del mercado actual, que es cada vez más competitivo y con una demanda creciente.

Una batería con buena potencia es esencial, ya que tener una buena autonomía siempre es conveniente. Se debe considerar el peso corporal del usuario antes de realizar una compra. Si pesa entre 90 a 100 kg, la potencia mínima necesaria para asegurar un transporte eficaz está entre 500 y 600 W, como el scooter eléctrico Muvter Pro. Si el individuo tiene un peso menor (60 a 80 kg), se requerirán entre 250 a 400 W, siendo el scooter eléctrico Muvter Street ideal para estas personas. (Muvter, 2022).

En la **Tabla 2** se pueden observar las características técnicas de patinetes eléctricos según rangos de potencia.

**Tabla 2.** Características de los scooters eléctricos según su rango.

Rango de scooter	Precio (\$)	Voltaje típico (V)	Capacidad de batería típica (Ah)	Velocidad máxima típica (km/h)	Autonomía (km)
Muy alto	4200-8500	60-96	30-50	80-110	64-96
Alto	1400-4200	48-60	20-35	64-80	40-64
Medio	700-1400	24-48	10-20	40-64	24-40
bajo	140-700	18-24	5-10	12-24	8-24

Fuente. (Daniel, 2021).

#### 4.3.6 Tipos de conectores de cargador para scooter eléctricos.

En cuanto al sistema de recarga mediante tipo de conectores, la información que existe es solo de tiendas, y proveedores más no un estudio específico del diseño o clases de entrada de este tipo de vehículos de movilidad personal, sin embargo, se extrajo información de una fábrica de china la cual ofrece algunos tipos de cables.

En la **Figura 9** y se detallan los distintos tipos de entrada de la marca Fuyuang que poseen los scooters en el sistema de recarga eléctrica.



**Figura 9.** Tipos de conectores de cargador para scooter eléctrico.

Fuente. (Fuyuan Electrónico Co. Ltd, 2023).

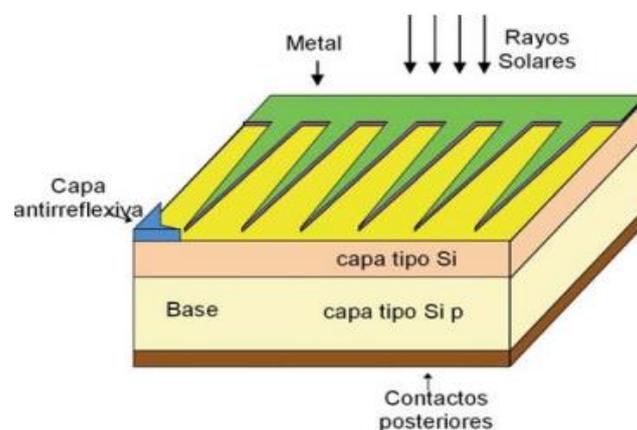
#### 4.4 Capítulo III: Sistemas fotovoltaicos.

##### 4.4.1 Efecto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas (FV) son dispositivos que transforman la luz en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. La eficiencia de conversión, que es la fracción de energía luminosa que se convierte en energía eléctrica, es un factor clave en los dispositivos fotovoltaicos, ya que una mayor eficiencia hace que la energía solar FV sea más competitiva con otras fuentes de energía. (Santos D. B., 2006)

Estas células se conectan entre sí, se encapsulan y se montan sobre una estructura o soporte, formando un módulo fotovoltaico, como se muestra en la **Figura 10**. Los módulos están diseñados para proporcionar electricidad a un voltaje específico (generalmente 12 o 24 V). La corriente generada depende del nivel de radiación solar.

El módulo es la unidad básica de un sistema fotovoltaico. Está compuesto por varias células que convierten la luz solar en electricidad. Para proteger las células de las condiciones ambientales, el módulo tiene una estructura robusta y resistente. Un solo módulo puede satisfacer las necesidades de algunas aplicaciones, pero también se pueden conectar varios módulos entre sí para formar un generador FV. Los generadores o módulos fotovoltaicos generan corriente continua (DC), que se puede adaptar a diferentes niveles de corriente y tensión mediante conexiones en serie o en paralelo. Sin embargo, para que el sistema fotovoltaico funcione correctamente, se necesitan otros componentes que complementan el generador, denominados “resto del sistema” o BOS (del inglés balance of system). (Santos D. B., 2006).



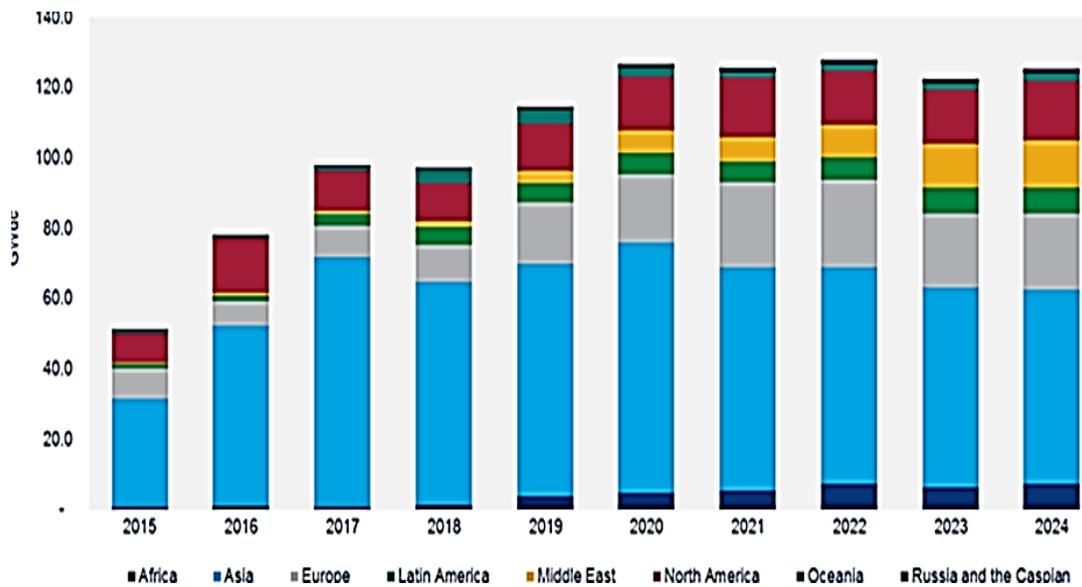
**Figura 10.** Generación de electricidad en una celda fotovoltaica.

**Fuente.** (Grupo NAP, 2007)

##### 4.4.2 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.

Aunque la energía solar fotovoltaica se considera una forma cara de producir energía eléctrica; en aplicaciones aisladas de la red es la solución más económica para el suministro

eléctrico. Además, el rápido crecimiento de los sistemas conectados a la red en el mercado mundial ha hecho que sea atractivo para particulares, compañías y gobiernos, por sus avances en mejoras económicas viables y por sus efectos no benigno con el medio ambiente; en la **Figura 11**, se muestra el crecimiento a nivel mundial de la capacidad de energía solar (Grupo NAP, 2007).



**Figura 11.** Demanda anual de energía solar fotovoltaica por regiones, 2015-2024.

**Fuente.** (Mackenzie, 2019).

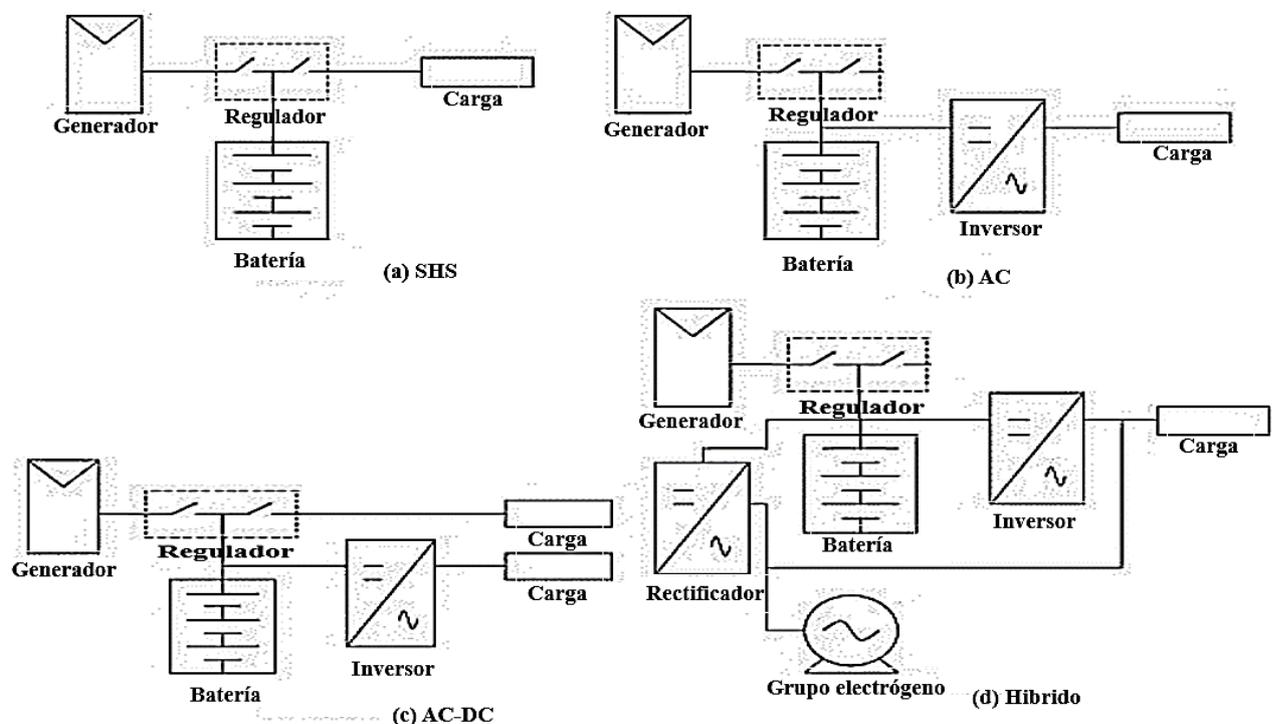
#### 4.4.3 *Sistemas fotovoltaicos aislados.*

El sistema fotovoltaico autónomo (SFA) es un tipo de instalación que aprovecha la energía solar para generar electricidad sin depender de la red eléctrica. Estos sistemas utilizan baterías u otros medios de almacenamiento para guardar la energía sobrante durante el día y suministrar durante la noche o cuando la radiación solar es insuficiente. Existen diferentes formas de diseñar un SFA según las necesidades y características de cada aplicación. En la **Figura 12** ilustra las cuatro configuraciones más habituales en los SFA.

Los sistemas domésticos (SHS) se caracterizan por tener solo cargas en continua, lo que elimina la necesidad de un inversor en el SFA. Los componentes principales de estos sistemas son el generador fotovoltaico, una batería y un regulador de carga y descarga. Si el consumo incluye cargas alternas, el SFA debe contar con un inversor, que puede alimentar cargas mixtas o solo alternas. El inversor puede generar transitorios de corriente que el regulador no puede controlar adecuadamente. Por eso, se recomienda conectar el inversor directamente a la batería, y no al regulador. Los inversores para SFA suelen tener un sistema de regulación de descarga que permite esta conexión. Estos inversores funcionan de forma parecida a los inversores de conexión a red, pero con algunas diferencias, la más importante es que su salida es una fuente

de tensión (y no una fuente de corriente, como en los SFGR). Por lo general, no tienen un seguidor del punto de máxima potencia. (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012)

Un caso especial que merece atención son los sistemas híbridos. Como se explicará en la descripción de los métodos de dimensionado de los SFA, hay una probabilidad no nula de que el suministro falle. Por lo tanto, en un año típico, es posible que una parte de la energía que necesita la red de consumo no pueda ser proporcionada por el SFA. El dimensionado de un SFA consiste en elegir los tamaños del generador y del acumulador como un equilibrio entre la mínima probabilidad de fallo y el mínimo coste. (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012)



**Figura 12.** Configuraciones típicas de Sistemas Fotovoltaicos.

**Fuente.** (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

#### 4.4.4 Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo o aislado.

#### 4.4.5 Módulos fotovoltaicos.

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas que son células fotovoltaicas que cuando la luz incide sobre ellos producen electricidad. Las placas fotovoltaicas se clasifican en:

- **Monocrystalinas:** Se componen de cristal de silicio en secciones.
- **Policristalina:** Formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

- **Amorfos:** se llaman así cuando el silicio no se cristaliza.

#### 4.4.6 Controlador o regulador de carga.

Como afirma Perpiñán Lamigueiro y Colmenar Santos en su libro (2012), un regulador de carga es el dispositivo que se encarga de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de sistema de baterías cuando se alcanzan determinados umbrales, generalmente determinados por la tensión en bornes de la batería.

El regulador funciona de tal manera que para proteger las batería de la sobrecarga, este se encarga de desconectar el generador de la batería como se muestra en la **Figura 13 a**, o bien desviar la corriente del generador hacia otro sitio, por otro lado el regulador shunt o paralelo tal como se muestra en la **Figura 13. Esquema** eléctrico de un regulador de carga. Este Incorpora un diodo que se encarga de bloquear y no dejar pasar la energía entre el generador y la batería, eso evita descargas sobre la batería.



**Figura 13.** Esquema eléctrico de un regulador de carga.

**Fuente.** (Perpiñán Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

#### 4.4.7 Funcionamiento del regulador de carga.

El funcionamiento del regulador de carga puede ser descrito por dos ciclos de histéresis, uno para cada protección.

- Protección contra la sobrecarga.

El funcionamiento del regulador se basa en el control de la corriente que circula entre el generador y la batería, según el estado de carga de ésta. El regulador desconecta el generador cuando la batería alcanza el nivel máximo de carga, indicado por el “voltaje de fin de carga”,  $U_{sc}$ . A partir de ese momento, la batería se descarga por el consumo de los equipos eléctricos, y su voltaje disminuye. Cuando el voltaje llega al nivel mínimo, indicado por el “voltaje de reposición”,  $U_{rc}$ , el regulador reconecta el generador para reanudar la carga de la batería.

- Existen dos estrategias básicas de control para regular la corriente de carga. Los reguladores “on-off” cortan completamente la corriente cuando se llega al “voltaje de fin de carga”, mientras que los reguladores con “modulación del ancho de pulso”, o PWM, reducen progresivamente la corriente cuando se llega al “voltaje de fin de carga”, manteniendo así el voltaje constante e igual a ese valor. Ambos tipos de reguladores y de estrategias de control son válidos y eficientes. (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).
- En los reguladores tipo “on-off” su voltaje de fin de carga completa está en el rango de 2,3V a 2,4V por cada vaso a una temperatura de 25<sup>0</sup>C. En los reguladores del tipo (PWM), la tensión de fin de carga debe ser constante y ligeramente menor con el principal objetivo de reducir la pérdida de agua y la tasa de corrosión, lo recomendado es de 2,3 V a 2,35 V por vaso a 25 grados centígrados.
- En los controladores tipo “on -off”. El voltaje de reposición debe estar en el rango de 2,15V a 2,2V por vaso a 25 grados centígrados.
- “El voltaje de fin de carga” y el “voltaje de reposición” deben corregirse por temperatura a razón de 4mV/<sup>0</sup>C a 5mV/<sup>0</sup>C.
- **Protección contra sobre descarga:** El regulador es el encargado de desconectar la batería de la carga de consumo, ya que cuando la tensión alcanza un umbral definido por  $U_{sd}$ . Y a partir de esto, la tensión de la batería aumenta ya que se somete a la carga por el generador fotovoltaico, y cuando este alcance el valor,  $U_{rd}$ , se conectan nuevamente la batería a la carga que en este caso son los equipos de consumo. Es recomendable en la práctica, que la selección del voltaje de desconexión debe buscar una solución de compromiso entre usuario satisfecho (valores bajos de desconexión que maximizan la disponibilidad de energía) y la protección de la batería y otros componentes del sistema (valores altos de desconexión que alejan el riesgo de sobre descarga). (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

#### 4.4.8 *Acumulador electroquímico (baterías).*

Un acumulador electroquímico es un tipo de batería que se puede recargar mediante la conversión de energía eléctrica en energía química. Algunas de sus ventajas son su capacidad de proveer energía de forma continua e independiente de la fuente de generación, su habilidad de entregar picos de corriente que superan los que ofrece el generador fotovoltaico y su función de estabilizar el voltaje para proteger los dispositivos de consumo. (Lamigueiro, 2015).

#### 4.4.9 Tipos de baterías.

Existen variedad de tipos de baterías, de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación, tales como:

#### 4.4.10 Baterías de ácido plomo.

Las baterías de plomo-ácido son un tipo de acumulador eléctrico que se utilizan comúnmente en vehículos y motocicletas. Su funcionamiento se basa en la reversibilidad de las reacciones de oxidación-reducción que ocurren entre el plomo y el ácido sulfúrico. Cuando la batería está cargada, los electrodos son de plomo en diferentes estados de oxidación: el cátodo es de dióxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ) y el ánodo es de plomo esponjoso ( $\text{Pb}$ ). El electrolito es una solución acuosa de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Cuando la batería está descargada, ambos electrodos se convierten en sulfato de plomo (II) ( $\text{PbSO}_4$ ) sobre una base de plomo metálico ( $\text{Pb}$ ). Durante la carga, el  $\text{PbSO}_4$  se reduce a  $\text{Pb}$  en el ánodo y se oxida a  $\text{PbO}_2$  en el cátodo.

Durante la descarga, el  $\text{PbO}_2$  se reduce a  $\text{PbSO}_4$  y el  $\text{Pb}$  se oxida a  $\text{PbSO}_4$ . Estas reacciones son cíclicas hasta que los cristales de  $\text{PbSO}_4$  crecen demasiado y pierden su capacidad de reaccionar. Esto se conoce como sulfatación y es la principal causa de deterioro de las baterías de plomo-ácido. (Editorial Etecé, 2013)

- **Baterías AGM.** Las baterías AGM son una opción eficiente y duradera para sistemas solares. Estas baterías tienen la ventaja de que su ácido está inmovilizado en unas fibras de vidrio, lo que evita derrames y fugas. Además, se denominan "baterías secas" porque tienen un bajo contenido de ácido y no necesitan mantenimiento de agua. Gracias a un proceso de recombinación, del hidrógeno y el oxígeno que se producen al cargar la batería se transforman en agua, evitando la pérdida de electrolito. Las baterías AGM tienen un buen rendimiento en climas fríos y una alta eficiencia energética, que puede llegar al 95%. Sin embargo, también tienen algunos inconvenientes, como su mayor coste inicial, su sensibilidad a las descargas profundas y su menor capacidad de ciclos que otras baterías de plomo. Por eso, es importante elegir bien el tipo de batería según la aplicación y el uso que se le vaya a dar al sistema solar. (Sarret, 2017).
- **Baterías de electrolito gelificado o Gel.** Poseen el ácido en forma de un gel, evitando las pérdidas por caso de rotura, y cualquier pérdida que ocasione algún líquido producto de una rotura. Una de sus características más importantes es que trabaja bien en bajas temperaturas. En comparación con las baterías líquidas, su porcentaje de descarga profunda es mayor. Su vida útil es de 7 años.

#### **4.4.11 Baterías de litio (Li-Ion).**

Las baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO<sub>4</sub>) son las más utilizadas en la actualidad debido a sus ventajas técnicas y ambientales. Estas baterías tienen una tensión nominal de celda de 3,2 V, superior a la de las baterías de plomo-ácido (2 V), lo que les permite almacenar y suministrar más energía. Además, son capaces de mantener una potencia constante hasta el final de su ciclo de descarga, sin sufrir fluctuaciones como las baterías convencionales. Estas características las hacen ideales para aplicaciones exigentes que requieren un alto rendimiento y fiabilidad. El precio de las baterías de ión-litio es mayor que el de las baterías de plomo ácido, pero se compensa con una mayor vida útil y una mayor eficiencia energética. Estas baterías no requieren ningún tipo de mantenimiento durante su funcionamiento y tienen una baja autodescarga, lo que les permite conservar su carga durante largos periodos de inactividad. Por último, las baterías de ión-litio son las más ecológicas del mercado, ya que no contienen elementos nocivos como el ácido sulfúrico y el plomo que se encuentran en otras baterías. (Sarret, 2017).

#### **4.4.12 Ritmo de carga y descarga de una batería:**

Como menciona Fullandfast en su sitio web (2022) En aquellas instalaciones/equipos en las que las baterías constituyen el único medio de almacenamiento energético, es fundamental entender cuál son los parámetros que las definen, con el fin de dimensionarlas con la suficiente capacidad de almacenamiento para el uso que le vamos a dar. Además, si esas baterías son parte de un elemento portátil/portable, la variable peso/capacidad es también bastante significativa y se tiene que tener en cuenta a la hora de definir la capacidad necesaria.

Una batería de 1 kWh = 10 kg = 6,6 km de autonomía para un vehículo eléctrico

El principio de funcionamiento de la batería se basa en la conversión de la energía química en eléctrica y a diferencia de las pilas, estas permiten convertir nuevamente, la energía química, (una pila recargable se convierte en una batería). Pero en ningún caso poseen la capacidad de generar energía por sí solas, de hecho, antes de salir de fábrica hay que cargarlas.

La capacidad de una batería se mide en Amperios por hora (Ah) y se expresa la corriente continua que la batería puede suministrar en una hora de uso, manteniendo la tensión de suministro (“capacidad de trabajo”) en condiciones específicas a una temperatura dada.

Si atendemos a la expresión de cálculo de la capacidad de una batería:  $C=a.t$  (en Ah). Donde “C” es la capacidad de la batería “a” la intensidad (en amperios) y “t” el tiempo de funcionamiento en horas, y aquí reside el fallo que muchas veces se comete.

Podríamos pensar que un grupo de baterías de 300Ah podrían entregar 30 Amperios durante 10 horas, o bien la mitad de corriente 15 A durante el doble de tiempo 20h, en base a

mantener constante el producto de corriente expresado en A y el tiempo expresado en hora: 300Ah.

Pero la realidad es que no. En la práctica, la descarga de una batería no tiene comportamiento lineal, tampoco ideal, no es posible obtener amperios, aunque sea en poco tiempo como queremos nosotros, debido a que existe un fenómeno de saturación que hace que a medida que le pidamos a las baterías grandes cantidades de corriente, la capacidad disminuya y no llegue a suministrar el total (aunque fuera solo por una hora).

Para evitar esta confusión, los fabricantes de las baterías especifican el valor de la capacidad con un número junto a la letra “CX” (tasa de carga o descarga), siendo esa X las horas nominales de descarga. Es decir, las horas que requiere la batería para poder entregar el total de energía que lleva almacenada sin pérdidas de energía que lleva almacenada.

Sigamos con el ejemplo de la batería de 300 Ah:

Si el fabricante nos entrega una batería de 300 Ah de “C30” de capacidad, significa que la capacidad de 300 Ah está cuantificada en una descarga de 30 horas (C30) y de aquí se deduce que la corriente nominal de descarga que la batería proporcionará en nuestra instalación será de: 10 A (300/30). En el caso de que el equipo conectado a la batería demande una corriente superior a 10 A, la capacidad de la batería bajaría.

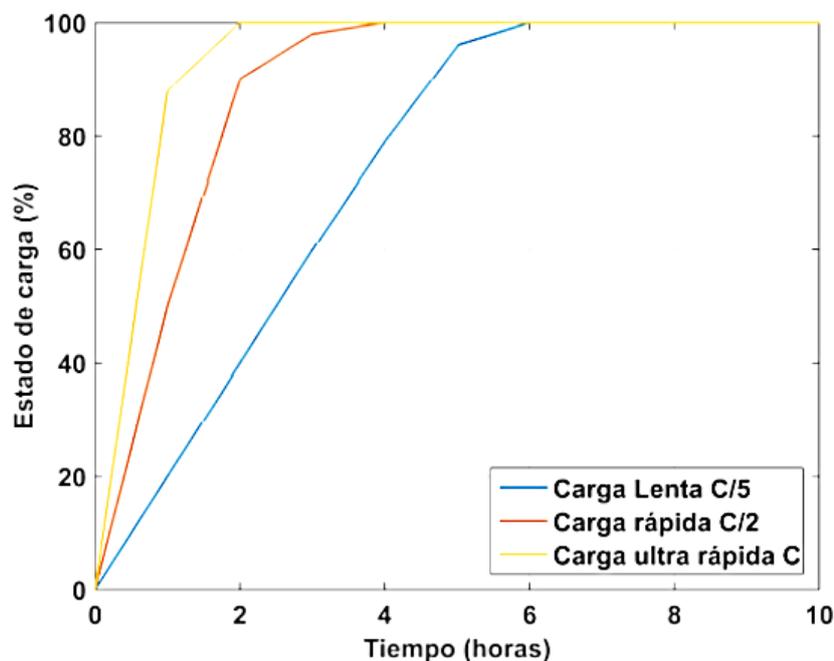
#### ***4.4.13 Características de baterías de iones de Litio.***

Las baterías de iones de litio tienen características que las sitúan por encima de otras baterías de diferente tecnología, desde el peso hasta el nivel de voltaje son algunos de los principales beneficios de estas baterías en comparación con las demás. La disminución del peso de las baterías es uno de los beneficios de este tipo de baterías, debido a que los electrodos de estas baterías son de litio y carbono, lo que implica una reducción significativa del peso, ya que el litio es un metal muy reactivo, tiene un alto nivel de energía potencial almacenada entre sus átomos, los cuales se alojan en espacios muy pequeños, logrando reducir el volumen de la batería, pero conservando la misma cantidad de carga.

En términos energéticos, estas baterías tienen 150 Wh de electricidad por cada kilogramo de peso de la batería, superando a todas las otras tecnologías de baterías, que alcanzan un máximo de 100 Wh las de hidruro metálico de níquel (Ni-MH) en el mejor de los casos y 25 Wh las de plomo-ácido. Otro beneficio es que tienen una pérdida de carga muy baja, llegando a un máximo del 5 % de su energía acumulada, a diferencia de una batería de Ni-MH que pierde un 20 % de carga si no se recarga, además de tener alta resistencia a las descargas cuando este tipo de baterías no se usan durante un periodo de tiempo. (Belnalcazar Lopez, 2017)

Asimismo, tienen tiempos muy cortos de recarga, como se muestra en la **Figura 14**, en la que se hace referencia al estado de carga que tiene la batería y el tiempo que tarda en cargarse la batería en diferentes tipos de carga; el tiempo de recarga en carga lenta es aproximadamente de 6 horas, en carga rápida cuatro horas y en carga ultrarrápida aproximadamente en 2 horas.

De igual manera este tipo de baterías posee algunas desventajas respecto al resto de baterías, poseen una construcción con baja resistencia, siendo muy vulnerable a las sobrecargas y sobre descargas. A pesar que posee tiempos relativamente bajos de recarga, este tipo de baterías presenta problemas de aceptación de carga rápida, para lo que se necesita un sistema de control muy preciso de la tensión de cada celda para garantizar el correcto funcionamiento de las mismas, actualmente los precios iniciales son muy elevados (Belnalcazar Lopez, 2017).



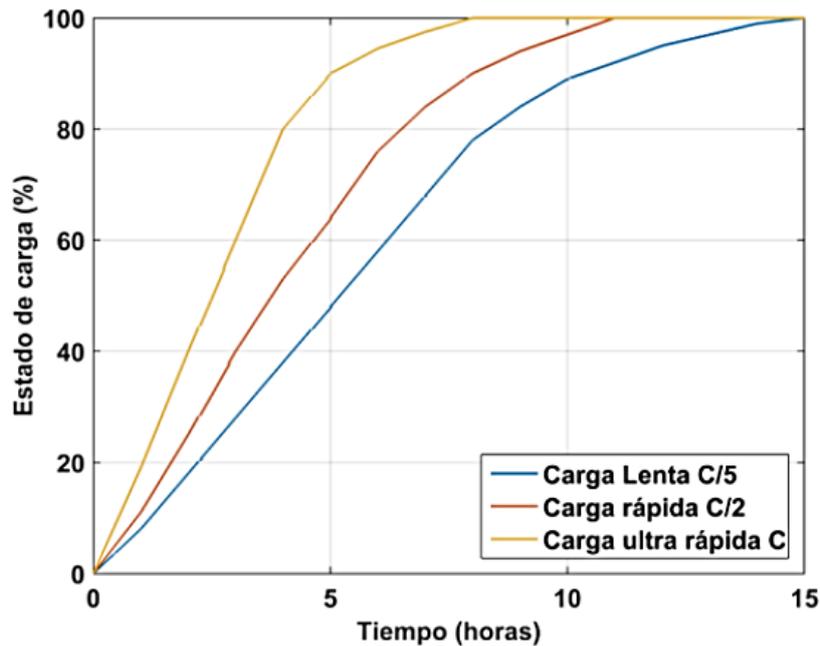
**Figura 14.** Curvas de carga lenta, rápida y ultrarrápida de baterías de ion-Li.  
**Fuente.** (Belnalcazar Lopez, 2017).

#### **4.4.14 Características de baterías plomo ácido.**

Las baterías de plomo-ácido son un tipo de batería muy extendido en el mercado mundial, debido a varios factores que las hacen atractivas para los consumidores. Entre estos factores se encuentran su larga trayectoria histórica, que las convierte en un producto conocido y confiable, su bajo costo en comparación con otras alternativas, que las hace accesibles y rentables, y su versatilidad para diferentes aplicaciones, como el arranque de motores, el almacenamiento de energía o el respaldo de emergencia. (Belnalcazar Lopez, 2017).

Las baterías de plomo-ácido son una de las tecnologías más consolidadas y utilizadas en el sector energético, debido a sus ventajas competitivas y su amplia aplicación en diversos

campos. Entre sus beneficios se destacan su elevada tensión por celda (2V/celda), su capacidad para suministrar corrientes elevadas en periodos cortos, su alta eficiencia energética y su facilidad de reciclaje. Sin embargo, estas baterías también presentan algunos inconvenientes, como su larga duración de la carga, que puede variar entre 11 y 15 horas según el modo de carga (lenta, rápida o ultrarrápida), y su posible impacto en las redes eléctricas debido a las fluctuaciones de la corriente de carga. La **Figura 15** ilustra el tiempo de carga de las baterías de plomo-ácido según el modo elegido.



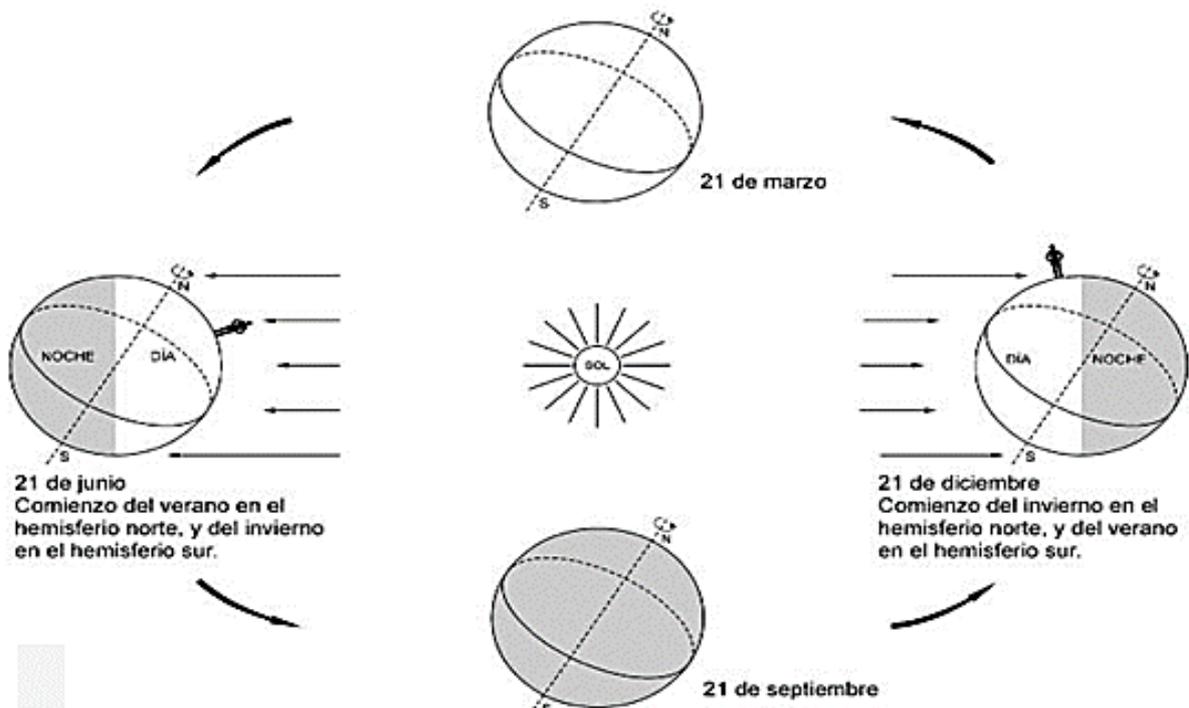
**Figura 15.** Curvas de carga lenta, rápida y ultrarrápida de baterías de plomo-ácido.  
**Fuente.** (Belnalcazar Lopez, 2017).

## 4.5 Capítulo IV: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

### 4.5.1 Geometría solar.

Como señala ProgenSA (2009) los ángulos del sol con respecto a la tierra no solo determinan la cantidad absoluta de energía recibida, sino también la inclinación con que las ondas de radiación (es decir, los rayos del sol) inciden sobre una superficie. Esto influye en que la energía se distribuya en un área más o menos amplia, modificando su intensidad.

Esto se debe a la inclinación del eje de rotación de la tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol y a su forma esférica, lo que hace que un mismo punto de la superficie terrestre reciba los rayos con una inclinación diferente, según la estación del año, y, por consiguiente, la energía efectiva que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal cambie notablemente, tal como se ilustra en la Figura 16.



**Figura 16.** Posición de la tierra con respecto al sol.  
**Fuente.** (PROGENSA, 2009).

#### 4.5.2 Ángulo horario ( $\omega$ ).

El ángulo horario es el ángulo comprendido entre el plano meridiano del observador y el plano meridiano del sol. Este ángulo depende de la hora del día y varía según la posición geográfica del observador. El ángulo horario toma el valor de cero al medio día solar, es negativo antes y positivo después, y cambia  $15^\circ$  cada hora. El ángulo horario se utiliza para calcular la posición del sol en el cielo y la duración del día.

#### 4.5.3 Declinación ( $\delta$ ).

La declinación solar es el ángulo que forma el plano del Ecuador terrestre con la dirección con la que se encuentra el sol, plano de la línea imaginaria que representa la órbita descrita por la tierra, depende del día del año tal como se muestra en la **Ecuación 1**. Este ángulo varía entre  $-23.45^\circ$  y  $+23.45^\circ$  a lo largo del año, alcanzando sus valores extremos en los solsticios de invierno y verano, respectivamente. La declinación solar determina la altura máxima del sol sobre el horizonte y la duración del día en cada latitud.

$$\delta = 23.45^\circ \cdot \text{sen} \left[ 360 \frac{284 + n}{365} \right]$$

**Ecuación 1**

Donde:

$n$  = día del año que va desde el 1 a 365.

#### 4.5.4 Hora solar ( $Wt$ ).

Tomando en cuenta la latitud de la zona de aplazamiento se calcula el número el intervalo de tiempo solar para cada día del año, para ello se debe hacer uso de la **Ecuación 2**.

$$Wt = \cos^{-1}(-\tan(\text{latitud}) * \tan(\delta)) * \left(\frac{24}{360}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Latitud = La latitud de la zona de aplazamiento.

Para calcular el intervalo de tiempo se debe aplicar la **Ecuación 3**.

$$Salida = 12 - W$$

**Ecuación 3**

$$Puesta = 12 + Wt$$

#### 4.5.5 Radiación solar.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016), la radiación solar es el conjunto de ondas electromagnéticas que viajan por el espacio y que provienen del sol. Esta radiación es esencial para el funcionamiento de los fenómenos atmosféricos y el clima.

La energía que emana del Sol es el resultado de las reacciones de fusión nuclear del hidrógeno en su núcleo y que se emite desde su superficie. Al llegar a la atmósfera, esta energía se atenúa y se refleja o se absorbe. El aprovechamiento de esta energía es relevante para la producción de electricidad y el uso de dispositivos de conversión térmica. La radiación solar tiene una longitud de onda corta y a menor longitud, mayor potencia energética. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2016).

Existen diferentes equipos que nos permiten medir la radiación solar, como el piranómetro que se presenta en la **Figura 17**; el cual posee un sensor de alta sensibilidad destinado a medir la radiación solar las principales variables que nos arroja este instrumento son:

- **Radiación global:** La radiación global es el flujo de energía solar que alcanza la superficie terrestre, proveniente tanto de la radiación directa que atraviesa la atmósfera como de la radiación difusa que se dispersa por las moléculas y partículas atmosféricas.

La proporción entre ambas componentes depende de factores como la posición

del Sol, la transparencia y la nubosidad del cielo. La radiación global se mide sobre un plano horizontal con un ángulo de 180 grados respecto a la vertical.

- **Radiación difusa:** La radiación solar difusa es el resultado de la interacción de la radiación solar directa con las partículas en suspensión y las nubes que se encuentran en la atmósfera. Estas partículas y nubes dispersan la radiación solar en todas las direcciones, creando un flujo de energía que llega a la superficie terrestre desde diferentes ángulos. La radiación solar difusa se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) y depende de la posición del sol, la transparencia atmosférica y la cobertura nubosa.
- **Radiación directa:** La radiación solar directa es el flujo de energía electromagnética que emite el Sol y que alcanza la superficie terrestre sin haber sido dispersada ni reflejada por la atmósfera. Esta radiación se propaga en línea recta desde el Sol hasta la Tierra, y su intensidad depende de la distancia, la inclinación y la estación del año. (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)



**Figura 17.** Piranómetro FIRST CLASS LSI LASTEM  
**Fuente.** (Proviendo .s.a., 2022)

#### **4.5.6 Ubicación de un sistema FV.**

Según la norma NEC en su capítulo 14 de Energías Renovables (2014), un SFV requiere una ubicación que no tenga obstrucciones (edificios próximos, árboles, vegetación) y que disponga de espacio suficiente para instalar el arreglo fotovoltaico (en el techo de una casa, sobre una base en el suelo o sobre un poste). Por lo tanto, debemos elegir un lugar adecuado para captar la mayor cantidad de radiación solar durante el año. En lo posible, el arreglo

fotovoltaico debe estar libre de sombras durante las 8 horas centrales del día durante todo el año.

#### **4.5.7 Producción energética.**

La producción de energía de una instalación que funciona durante todo el año se calcula a partir del promedio anual de la radiación global sobre superficie horizontal, y se informa al usuario del mes con menor radiación.

Para instalaciones que funcionan sólo durante una parte del año, se calcula la producción de energía para el periodo con menor radiación dentro del periodo de funcionamiento.

La batería debe tener una capacidad útil (capacidad nominal por la profundidad de descarga de diseño) que permita entre 2 y 5 días de funcionamiento a plena carga, sin sol.

El arreglo fotovoltaico debe tener un tamaño que garantice que la energía generada durante el mes más desfavorable (considerando el PR performance ratio) sea, al menos, igual a la energía consumida por la carga. (MIDUVI, 2014).

Para calcular la producción energética se hace uso del rendimiento global del sistema (performance ratio) PR, que se define como “la energía útil entregada a la carga dividida por la máxima energía que teóricamente puede producir el arreglo fotovoltaico”.

El autor recomienda no usar baterías antiguas con nuevas, ni de diferente capacidad en el mismo sistema (MIDUVI, 2014).

El arreglo fotovoltaico de un SFV debe hacerse con módulos de similares características.

Se debe considerar los siguientes puntos para el cálculo del rendimiento global del sistema PR (performance ratio):

- Rendimiento de paneles por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales.  
 $\eta_{temp.}$
- Rendimiento por suciedades acumuladas en los módulos fotovoltaicos  $\eta_{suc.}$
- Rendimiento del regulador de carga  $\eta_{reg.}$
- Rendimiento por caída de voltaje en los cables, tanto en la parte de CC como en la de CA  $\eta_{cab.}$
- Rendimiento del banco de baterías  $\eta_{bat.}$
- Rendimiento por pérdidas debido al auto descarga del banco de baterías  $\eta_{aut.}$
- Rendimiento del inversor  $\eta_{inv.}$

#### 4.5.8 Pérdidas de sistemas fotovoltaicos.

La energía producida por una instalación fotovoltaica depende de la cantidad de luz solar que incide sobre el panel solar, pero también de otros factores que influyen en el rendimiento del sistema. No es posible obtener la misma energía que se recibe del sol, ya que hay pérdidas e ineficiencias que se deben tener en cuenta. Algunas de estas pérdidas e ineficiencias son de tipo óptico, térmico y eléctrico, y se explican a continuación:

- **Pérdidas por reflexión:** Este tipo de onda es la que incide sobre un medio y es parcialmente reflejada en la superficie de los paneles solares.
- **Pérdidas por sombreado y desajuste:** Las pérdidas por sombras son un factor que afecta negativamente al rendimiento de los paneles fotovoltaicos, ya que reducen la cantidad de irradiación solar que reciben y provocan desajustes entre las células o los módulos. Estos desajustes pueden generar puntos calientes, disminuir la potencia o incluso dañar el sistema. Por eso, es importante evitar o minimizar las sombras que puedan proyectarse sobre los paneles, tanto por objetos externos como por otros paneles cercanos. Las sombras pueden variar según la hora del día, la estación del año y la orientación e inclinación de los paneles.
- **Pérdidas por efecto de la temperatura:** Por lo general, los paneles otorgan su potencia nominal a la temperatura para la cual fueron diseñados, pero las pérdidas por temperatura dependen de la diferencia de temperatura en los módulos y los 25 °C de las condiciones climáticas y del viento.
- **Pérdidas en circuito de continua y de alterna:** Un aspecto importante a considerar en el diseño de una instalación fotovoltaica es el efecto Joule, que se refiere a la disipación de energía eléctrica en forma de calor cuando una corriente fluye por un conductor. Este efecto depende de la resistencia del material y de la sección del conductor, así como del valor de la corriente. A mayor corriente y mayor resistencia, mayor será el efecto Joule y las pérdidas asociadas. Esto ocurre tanto en el circuito de corriente continua como en el de corriente alterna de una instalación fotovoltaica.
- **Pérdidas en el regulador:** Las pérdidas en los dispositivos generalmente se dan por el rendimiento del dispositivo y por el seguimiento del punto máximo de máxima potencia del generador fotovoltaico.
- **Pérdidas por autodescarga de las baterías:** Siempre están dentro de la batería en un momento dado. Esto se debe a que la solución del electrolito contiene iones cargados formados por sulfato e hidrógeno. Los iones de sulfato están cargados negativamente,

mientras que los iones de hidrógeno tienen una carga positiva; el cambio de electrones entre ambos campos produce reacciones químicas que desgastan energía, este desgaste requiere energía que toma de la generación (Romero Márquez, 2020)

#### 4.5.9 Cálculo de la radiación sobre superficie inclinada y horas solares.

Para calcular la media mensual de radiación diaria sobre la superficie inclinada del módulo fotovoltaico se debe usar la **Ecuación 4**.

$$\overline{H_T} = k * \overline{H} (Wh/m^2 \text{ día}) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde  $\overline{H}$  Es la media mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal y k se escoge de la **Tabla 8** de las normas NEC y una latitud positiva significa norte y una latitud negativa significa sur.

El número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m<sup>2</sup> determina el número de horas de sol al día en la **Ecuación 5**. (MIDUVI, 2014).

$$HS = \overline{H_T} / 1000 \left( \frac{Wh/m^2 \text{ día}}{W/m^2} \right) \quad \text{Ecuación 5}$$

#### 4.5.10 Estimación del rendimiento global.

El rendimiento por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales se calcula según las ecuaciones siguientes. Se asume que la radiación instantánea es de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Para determinar el rendimiento según la temperatura ambiente se aplica la **Ecuación 6**.

$$\eta_{\text{temp}} = 1 - C_T (T_c - 25) \quad \text{Ecuación 6}$$

$$T_c = T_a + 1,25(\text{NOCT} - 20) \quad \text{Ecuación 7}$$

$$C_T = \Delta I_{SC,T} * \Delta V_{OC,T} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde en la **Ecuación 7**,  $T_c$  es la temperatura de la celda a una irradiación ideal de 1000 W/m<sup>2</sup>,  $T_a$  es la temperatura ambiente y NOCT es la temperatura de operación normal de la celda y que viene especificada en las hojas técnicas del proveedor. En caso de que el proveedor no especifique el valor de NOCT se asumirá el valor de 45°C.

En la **Ecuación 8**,  $C_T$  es el coeficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de los estándares de prueba. En caso de no disponer de este valor se puede asumir el valor de 0,005.

El rendimiento por efectos de suciedad no debe ser inferior a 2%

El rendimiento por pérdida en los cables debe cumplir lo dispuesto en esta normativa.

Los rendimientos del regulador, banco de baterías e inversor, deben ser tomados de las hojas técnicas de los proveedores.

El rendimiento debido a las pérdidas por autodescarga del banco de baterías no debe ser inferior a 1%

El rendimiento global del sistema se calcula con la **Ecuación 9**.

$$PR = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{elev} \quad \text{Ecuación 9}$$

#### **4.5.11 Cálculo de la potencia pico del arreglo fotovoltaico.**

La potencia pico necesaria para suplir las necesidades energéticas de la carga se calcula mediante la **Ecuación 10**.

$$Pot_p = \frac{\text{Demanda energética}}{HS * PR} \quad \text{Ecuación 10}$$

#### **4.5.12 Capacidad del regulador.**

El regulador debe ser al menos un 25% mayor de la corriente de corto circuito del arreglo fotovoltaico o de la serie de módulos a los cuales está conectado.

#### **4.5.13 Protecciones en sistemas fotovoltaicos.**

Los dispositivos de protección eléctrica son esenciales para los sistemas eléctricos, ya que protegen tanto a los paneles solares como a las personas que los manipulan. Los paneles solares que se conectan a la red eléctrica deben cumplir con las normas de protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos que establece la NOM-001-SEDE-2012. Estas normas pueden variar según el tipo de corriente en el que se instalen los paneles. Por lo tanto, existen protecciones para el lado de corriente directa y para el lado de corriente alterna. (Solarama, 2019).

#### **4.5.14 Protecciones para corriente directa.**

Así como en los sistemas de corriente alterna es necesario contar con protección eléctrica en el sistema de corriente continua para preservar la integridad del sistema contra

situaciones de riesgo como incendios, voltajes y tormentas eléctricas, además que protegen a los operadores de los sistemas a su alrededor.

Los dispositivos necesarios para proteger estos sistemas son:

#### **4.5.14.1 Fusibles de protección fotovoltaica.**

Los fusibles de protección fotovoltaica se usan en instalaciones fotovoltaicas con más de 4 paneles conectados en paralelo para proteger el cableado en caso de sobretensiones y suprimir cortocircuitos, Además de que estos pueden aislar una serie defectuosa, permitiendo así que el resto del sistema siga generando energía. En el caso de paneles conectados en serie se debe instalar un fusible por cada polo de la serie (Solarama, 2019).

#### **4.5.14.1 Interruptor termomagnético.**

El interruptor termomagnético es un dispositivo diseñado para proteger el circuito en contra de sobre corrientes generadas en los circuitos de corriente directa entre los paneles solares y los inversores de interconexión. De igual forma también permiten seccionar el polo positivo y negativo del sistema (Solarama, 2019).

#### **4.5.14.2 Supresores de picos.**

Como indica Solarama (2019) en su sitio web, los supresores de picos son dispositivos que protegen a los componentes eléctricos de un sistema contra perturbaciones o variaciones de voltaje. Los supresores de picos están diseñados para operar con el impacto de un rayo durante una tormenta eléctrica o en escenarios comunes en una red eléctrica.

#### **4.5.14.3 Puesta a tierra.**

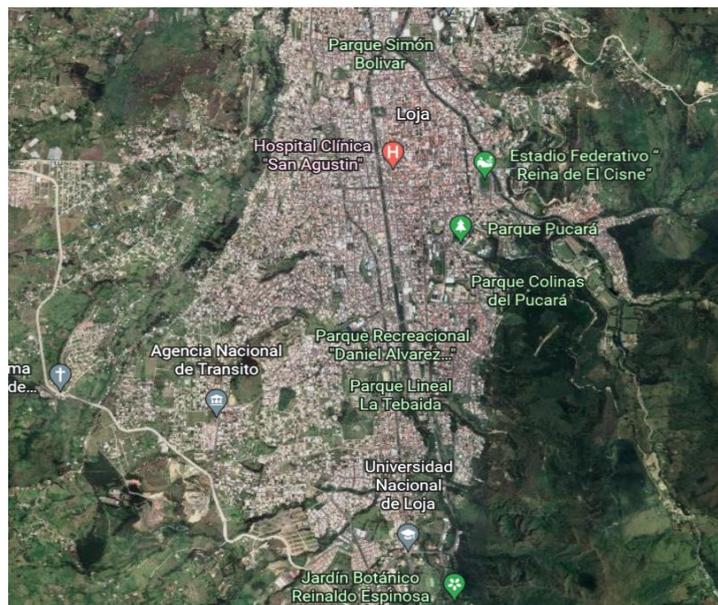
Las puestas a tierra dirigen altos flujos de voltaje impuestos al sistema y sus componentes por una sobretensión generada por descargas atmosféricas o por permutaciones en la red

## 5. Metodología

### 5.1 Área de trabajo.

El presente proyecto se llevará a cabo en la Universidad Nacional de Loja.

En la **Figura 18**, se observa la ubicación de la Universidad Nacional de Loja, con relación a la ciudad de Loja. En la **Figura 19**, se observa la ubicación de la facultad de la Energía, Las industrias y los Recursos Naturales no Renovables con relación a la Universidad Nacional de Loja. Así mismo, se aprecia en un triángulo rojo la estación de carga eléctrica dentro de la facultad referida, cuyas coordenadas geográficas son: **4°03'20"S 79°19'93"W**.



**Figura 18.** Ubicación geográfica con respecto a la ciudad de Loja de la universidad.

**Fuente.** (Google, 2023).



**Figura 19.** Ubicación geográfica del lugar de implementación con respecto a la universidad.

**Fuente.** (Google, 2023).

## 5.2 Equipos y materiales

### 5.2.1 Equipos

#### Fase de diseño.

- Computadora.

#### Fase de construcción.

- Taladro.
- Amoladora.
- Soldadora.
- Multímetro.
- Pelacables.
- Alicata.
- Atornillador.
- Remachadora.
- Llave inglesa.

### 5.2.2 Materiales

El presente proyecto requiere usar los siguientes recursos y materiales.

#### Recursos humanos:

- Tutor de tesis.

#### Recursos bibliográficos:

- Catálogos de componentes electrónicos, paneles fotovoltaicos, baterías, inversores, controladores de carga, conector de carga de scooter.
- Libros de electrónica.
- Artículo.
- Normas.

#### Recursos de oficina:

- Materiales de oficina
- Software:
  - ✓ AutoCAD
  - ✓ Paquete Office
  - ✓ Proteus Design Suite
  - ✓ CADe SIMU
  - ✓ SolidWork
  - ✓ IDE Arduino.

✓ Nextion.

### 5.3 Procedimiento

Previamente se hace una revisión bibliográfica general

#### 5.3.1 Primer objetivo: Diseñar sistema de cobro automático para una estación de carga para un scooter eléctrico.

##### 5.3.1.1 Búsqueda de información acerca de sistema de carga eléctrica para scooter.

Para empezar a diseñar el sistema de carga de la estación para scooter eléctrico el primer paso está en buscar información técnica que existe en la ciudad de Loja, acerca de tipos de carga de scooters eléctricos, valores de potencia, voltaje y corriente de carga.

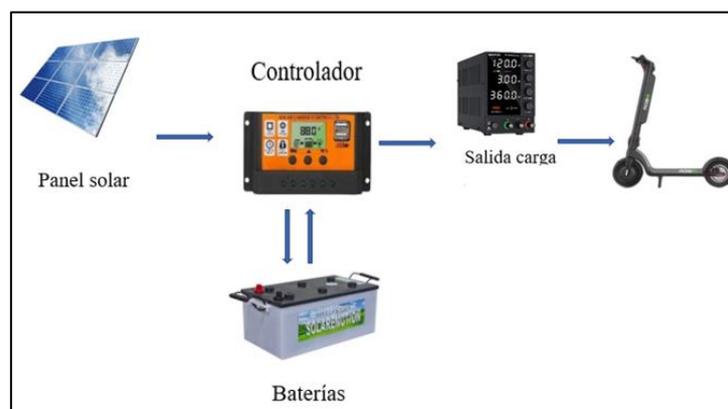
Estos valores se obtienen gracias a las preguntas realizadas mediante la técnica de la entrevista (ver **Anexo 4**) a los diferentes proveedores de estos vehículos eléctricos. Los datos corresponden a valores de voltajes, corrientes, potencia máxima y tipos de conectores de funcionamiento de los diferentes tipos de scooters.

Los scooters eléctricos que están en el mercado ecuatoriano, vienen para ser cargados en cualquier tomacorriente de la red pública como cualquier electrodoméstico del hogar en general.

Pero en este caso se hace una estación de carga autónoma no conectada directamente a la red pública, entonces como el sistema va a ser alimentado con paneles fotovoltaicos tenemos que dimensionar un banco de baterías.

El banco de baterías tiene que proveer de carga un scooter eléctrico en un tiempo estimado según sea la carga necesaria y así sucesivamente el próximo scooter.

Es necesario saber el alcance del proyecto según las necesidades del diseñador como en este caso se pretende construir una estación de carga que ofrezca los servicios de carga, se parte primero desde el esquema general del sistema mostrado en la **Figura 20**.



**Figura 20.** Diagrama general de estación de carga con sistema fotovoltaico autónomo.

**Fuente.** Autor

### **5.3.1.2 Dimensionar sistema de carga eléctrica para scooter.**

Para dimensionar el sistema de carga para un scooter se toma en cuenta la potencia máxima de carga que en promedio trabaja cada scooter, cabe recalcar que la potencia de carga no es la misma potencia del motor.

De acuerdo con la entrevista presentada en el [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) sobre las potencias de carga de los scooters, la potencia de carga máxima es de 300 W ya que son del tipo de scooter que se considera para el diseño del prototipo.

Hay que tomar en cuenta que para aplicar el sistema de carga es necesario conocer la capacidad de carga máxima de las baterías escogidas en términos de voltaje y corriente, esto se hace basándose en la información de curvas características de carga y descarga de una batería, depende del tipo de batería que se elija para el sistema, entre las más usadas para acumulación de energía en sistemas FV están, las baterías de plomo-ácido (pb), litio hierro ferroso (LiFePo4), ion de litio (ion-Li) y el más costoso por su difícil fabricación son las de litio platino (Li-Pt).

Por el motivo que existen varios tipos de valores de voltaje de carga en los diferentes tipos de sistemas de recarga en los scooters, la estación está pensada en recargar al menos la mayoría de estos, entonces se ve la necesidad de implementar módulos elevadores de voltaje dc-dc, según la salida de voltaje y corriente.

Estos módulos son los que se encargan de elevar el voltaje y corriente según la calibración que le demos, esta calibración dependerá de las configuraciones de potencia de carga que encontremos en el mercado.

### **5.3.1.3 Análisis para el sistema de cobro según tiempo de carga.**

Para el análisis de tarifa de cobro por el uso del servicio de carga eléctrica se hace una investigación acerca de la compra y venta de la energía renovable con paneles solares en el sector público, llegando así a obtener datos de precio del kilovatio hora consumido para el uso doméstico.

Tomando en cuenta este valor, se determina la tarifa a cobrar, por el uso de la estación de carga, ya que el tiempo de carga es una constante de 30 minutos por motivos de alcances del diseño.

Para el cálculo del valor a establecer por cada recarga de media hora se hace referencia a la **Tabla 7.**

### **5.3.1.4 Diseño del sistema de cobro automático.**

Una vez que se obtienen valores de tarifa, potencia, voltaje y corriente de los diferentes tipos de scooters.

Con todos los datos obtenidos se empieza hacer el código de programación según los valores de entradas y salidas, diferenciando variables y constantes,

En este caso las constantes son:

- Tiempo de recarga.
- Potencias de salida.
- Demanda energética.
- Tipos de salida física (conectores)

Como último paso de este punto tenemos que dimensionar componentes que conforman el sistema de carga, como se plantea trabajar con varios tipos de voltaje y corriente es necesario que el sistema cuente con distintos tipos de salida comandadas desde relés que activan diferentes módulos elevadores dc-dc de voltaje y corriente con su respectivo conector.

Para el sistema de pago físico, se plantea hacerlo con monederos electrónicos los cuales trabajan con valores de voltajes dc y son compatibles con módulos controladores de todo tipo. El código de programación que comanda todo será programado en el software llamado IDE de Arduino.

Y para que todo el sistema funcione en conjunto se hace un interfaz hombre-máquina mediante una pantalla de tecnología táctil, mediante la cual el usuario puede comandar ciertos parámetros como voltajes y tiempo de carga.

La pantalla que se va a utilizar es de la marca NEXTIÓN la cual se configura mediante el software de licencia gratuita llamada con el mismo nombre, este software es compatible con el IDE de Arduino y así mediante el serial se comunican para el funcionamiento del sistema en general.

### ***5.3.2 Segundo Objetivo. (Dimensionar un sistema fotovoltaico para la estación de carga eléctrica).***

#### **5.3.2.1 Cómo obtener radiación solar del lugar de implementación.**

Para obtener la radiación del lugar de implementación el primer paso es buscar la estación meteorológica más cercana al sitio, en este caso el sitio de implementación ya cuenta con una estación meteorológica para fines investigativos de propiedad de la universidad. Los datos que registra la estación mediante un piranómetro se los puede obtener gracias al sitio web oficial de la institución, para ello se debe identificar la estación meteorológica correspondiente y descargarlos de acuerdo a un intervalo de tiempo requerido para la investigación.

En el documento en formato Excel que se obtiene de la página web de la institución se muestran datos de viento, temperatura, lluvia, humedad y, la radiación global promedio que es el dato necesario para la investigación.

Los datos que se obtienen son de carácter numérico diario en intervalos de tiempo de 5 minutos, por lo que, para el año 2022 se obtienen la cantidad de 8640 datos diarios y al multiplicarlos por los 365 días del año en total tenemos 3,153.600 datos, Por lo que, es necesario sacar promedios horarios para luego hacer las sumatoria diaria y pasar a lo que será el promedio mensual de la Radiación global en kilovatios hora al día.

### 5.3.2.2 Determinación de la demanda energética total requerida.

En este punto se calcula la demanda total de potencia requerida, esto con el fin de obtener un dato general para dimensionar los paneles fotovoltaicos y cada componente de la estación de carga.

En primer lugar, se investiga el dato de potencia nominal máxima requerida para cada scooter. Este valor se suma con la potencia requerida para el sistema de cobro automatizado y las horas al día que van a trabajar. Y así en la **Tabla 3** podemos ir tabulando los datos para sacar una demanda energética diaria de consumo.

**Tabla 3.** Demanda energética diaria.

Equipo	Nº	Potencia [W]	Tiempo estimado de uso (h/día)	Capacidad instalada [W]	Demanda energética (Wh/día)
Scooter	1	300	2,5	300	750
<b>Módulo Arduino</b>					
<b>Pantalla Nextion</b>					
<b>Iluminación</b>					
<b>Total</b>					

**Fuente.** Autor

La Fórmula que se aplica para sacar la sumatoria de energía diaria se hace con la **Ecuación 11** , En la que se toma en cuenta la potencia unitaria por el número de scooter y por

el tiempo de recarga. Todo esto multiplicado por el número de recargas al día que será el alcance del proyecto.

$$PR = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{elev} \cdot \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$P_{uniTot}$ = Potencia Unitaria Total.

$N_{scooter}$ = Número de scooters.

$T_{carga}$ = Tiempo de carga en horas al día.

### 5.3.2.3 Rendimiento total del sistema.

Se aplica el rendimiento global del sistema que nos indica en la **Ecuación 9**.

Según (MIDUVI, 2014). Donde se multiplican las pérdidas por temperatura, pérdidas por suciedad, pérdidas por cableado, baterías, autodescarga y pérdidas en los elevadores de voltaje.

$$R_t = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{elev} \cdot \eta_{pan}$$

### 5.3.2.4 Demanda energética diaria máxima de consumo.

Para calcular la demanda energética máxima de consumo diaria se aplica la **Ecuación 12** en donde se divide la energía diaria máxima para el rendimiento global.

$$E_{dmc} = \frac{E_{dm}}{R_t} \quad \text{Ecuación 12}$$

### 5.3.2.5 Energía de generador fotovoltaico.

Para calcular la energía generada por el panel fotovoltaico se aplica la **Ecuación 13** donde se divide la energía diaria máxima de consumo para el rendimiento del regulador.

$$E_g = \frac{E_{dmc}}{\eta_{reg}} \quad \text{Ecuación 13}$$

### 5.3.2.6 Potencia pico total.

Para calcular la potencia pico total se aplica la **Ecuación 14** donde se divide la energía generada por el generador fotovoltaico para la hora solar pico.

$$P_p = \frac{Eg}{H_{sp}} \quad \text{Ecuación 14}$$

### 5.3.2.7 Hora solar pico.

Para calcular la hora solar pico se aplica la **Ecuación 15**.

$$HS = \frac{\overline{H_T}}{1000} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

1000 = Es la constante de irradiancia 1 kW/m<sup>2</sup>.

### 5.3.2.8 Cálculo de la radiación sobre una superficie inclinada

Para calcular la radiación sobre una superficie se lo hace con la **Ecuación 16**.

$$\overline{H_T} = k * \overline{H} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde  $\overline{H}$  Es la media mensual diaria de radiación global sobre una superficie horizontal y **k** se escoge de la **Tabla 8** que se encuentran en Anexos. Una latitud positiva significa norte y una latitud negativa significa sur.

El número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m<sup>2</sup> determina el número de horas de sol al día (MIDUVI, 2014).

Entonces escogiendo valor de k de las tablas que señala el MIDUVI en sus normas NEC -11 CAP. 14; (ver **Tabla 8**) Este valor se escoge según el valor de latitud, del lugar de instalación, ángulo de inclinación de los paneles y mes más desfavorable de potencial solar, que tenemos.

### 5.3.2.9 Número de paneles.

Para calcular el número de paneles fotovoltaicos se hace con la **Ecuación 17**

$$N_p = \frac{P_p}{N_s * P_{panel}} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

Ns = Cociente entre el voltaje del panel y el voltaje del sistema.

### 5.3.2.10 Capacidad del sistema de acumulación.

Para calcular la capacidad del sistema de acumulación se aplica la **Ecuación 18**.

$$C_{total} = E_g * N \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde

N = días de autonomía que abastecen el banco de baterías a la carga.

Según las normas NEC-11 el número de días recomendados pueden ser desde 2 hasta 4 días por factores ambientales.

### 5.3.2.11 Capacidad de banco de baterías.

Para calcular la capacidad del banco de baterías se hace con la **Ecuación 19**.

$$C_{banco} = \frac{C_{total}}{P_d} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

$P_d$  = es el valor de profundidad de descarga del tipo de batería seleccionado y se puede encontrar en la ficha técnica.

### 5.3.2.12 Número de baterías para el banco.

Para calcular el número de baterías necesarias para el banco se aplica la **Ecuación 20**.

$$C_{Ah} = \frac{C_{banco}}{V_{sis}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde  $V_{sis}$  = es el voltaje del sistema.

### 5.3.2.13 Capacidad de controlador de carga.

Para seleccionar el controlador de carga se aplica la **Ecuación 21**.

$$I_{max} = 1,25 * N * I_{sc} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

1,25 factor de seguridad.

$I_{sc}$  = Intensidad de corto circuito del panel seleccionado.

N= número de paneles del sistema fotovoltaico.

### 5.3.2.14 Seleccionar conductor de corriente.

Se calcula el flujo de corriente que circula por los conductores con la **Ecuación**

$$i_{\text{cond.cc}} = \frac{P_{\text{nom}}}{V_{\text{mp}}}$$

**Ecuación 22**

Donde:

$V_{\text{mp}}$  = Voltaje de máxima potencia de paneles.

$P_{\text{nom}}$  = Potencia de la carga.

### **5.3.3 Tercer objetivo. Construir prototipo de estación de carga para un scooter.**

#### **5.3.3.1 Diseño en software CAD del prototipo de estación de carga automática.**

Se diseña en software CAD SolidWork el prototipo de estación de carga según los siguientes parámetros.

- Dimensiones y número de baterías usadas.
- Dimensiones de regulador de carga.
- Dimensiones de placa electrónica.
- Dimensiones de altura estándar para montaje de pantalla de interfaz hombre máquina.

#### **5.3.3.2 Conseguir material y equipo adecuado.**

Se hace una cotización en las diferentes tiendas de electrónica de conductores, baterías, regulado, módulos, y protecciones según los elementos seleccionados.

#### **5.3.3.3 Implementación y montaje de equipos en la estación de carga.**

Para realizar la construcción de estación de carga se divide en 3 fases que son:

Se realizan trabajos de soldadura y metal mecánicos para fabricar la carcasa de la estación que va a proteger todo el sistema interno.

Se realiza la instalación del sistema de cobro automático, sistema electrónico y sistema de control.

Y finalmente se hace la implementación del prototipo en los paneles solares ya instalados en el Área de Energía de la universidad.

## 6. Resultados

### 6.1 Primer objetivo: Diseñar sistema de cobro automático para una estación de carga para un scooter eléctrico.

Se hace una revisión de los datos de entrada que necesitamos para dimensionar la estación de carga.

Datos de entrada:

Voltajes de carga que se activan en la estación, estos valores se obtienen de la entrevista del **Anexo 4**.

- V1= 36V
- V2=48V
- V3=54V
- V4=60V

Para poder activar estas salidas mediante señales de la placa de programación Arduino, se diseña el código en el software IDE de Arduino y así poder automatizar el proceso de control mediante una pantalla de tecnología táctil y la comunicación serial entre los dos componentes.

#### 6.1.1 *Circuito de control:*

Para realizar el circuito de control se hace una selección de componentes electrónicos según valores de voltaje y corriente de entrada y salida los cuales se encuentran en las características de cada componentes mostrados a continuación, se busca la compatibilidad y su rango de funcionamiento.

##### 6.1.1.1 **1 placa Arduino Mega 2560.**

Se seleccionó la placa Arduino Mega por su versatilidad en la comunicación serial con otros tipos de componentes como es la pantalla Nextion y su amplio rango de utilidad, así como también su gran número de pines de salida, en el **Anexo 3** se pueden encontrar características más a detalle.

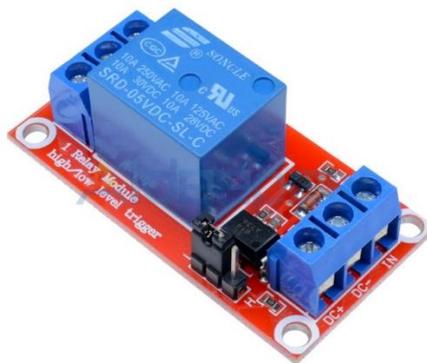
##### **Características técnicas:**

- **Microcontrolador:** ATmega2560
- **Voltaje Operativo:** 5 V
- **Tensión de Entrada:** 7-1 V
- **Voltaje de Entrada(límites):** 6-20 V
- **Pines digitales de Entrada/Salida:** 54 de los cuales 14 proveen salida PWM)
- **Pines análogos de entrada:** 16
- **Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida:** 40 mA

- **Corriente DC entregada en el Pin 3.3V:** 50 mA
- **Memoria Flash:** 256 kB (8 kB usados por el bootloader)
- **SRAM:** 8 kB
- **EEPROM:** 4 B
- **Clock Speed:** 16 MHz

#### 6.1.1.2 Relé DC

- 2 relés dc. 30 A este relé seleccionado, es el dispositivo que se encarga de que activar un elevador de voltaje que funciona con rangos de voltaje más amplios, lo que destaca de este tipo de relé es que son de tipo dc - dc ya que admite la entrada de una señal baja desde la placa Arduino y activa la salida de voltaje dc activando así el elevador de voltaje. El relé seleccionado se puede observar en la **Figura 21**. Sus características técnicas se las pueden revisar en el **Anexo 6**.

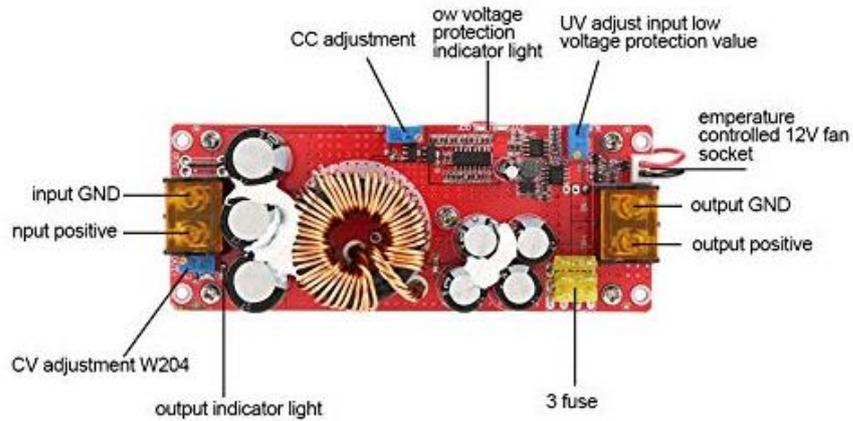


**Figura 21.** Módulo de relé de 1 canal DC 5V.

**Fuente.** (Aideepen, 2023).

#### 6.1.1.3 Elevador de voltaje

- 2 elevadores de voltaje dc-dc.60V y 10A. En la **Figura 22** observamos el elevador de voltaje dc-dc en donde encontramos sus principales partes como los pines de entrada y salida, los potenciómetros en los cuales podemos ajustar valores voltaje y corriente de salida. Las especificaciones técnicas las podemos encontrar en el **Anexo 7**.



**Figura 22.** Módulo elevador de voltaje ajustable dc-dc.  
**Fuente.** (CENTIoT, 2022).

#### 6.1.1.4 Pantalla HMI

- Pantalla HMI Nextion 3.5 pulgadas.

La pantalla seleccionada Nextion es compatible con la placa programable de Arduino Mega 2560 en la cual diseñamos la interfaz de usuario para el control de todo el sistema. En el **Anexo 9** se detalla la pantalla táctil seleccionada.

#### 6.1.1.5 Monedero electrónico

- Monedero electrónico 12V.

El monedero seleccionado permite introducir cualquier moneda previamente configurada en el monedero para el cobro por servicio de carga. La configuración se hace de tal forma que se deja una moneda en el apartado inferior para que reconozca solo las monedas del mismo valor. En la **Figura 23** se detalla el componente seleccionado, las características técnicas se las puede ver en el **Anexo 10**.

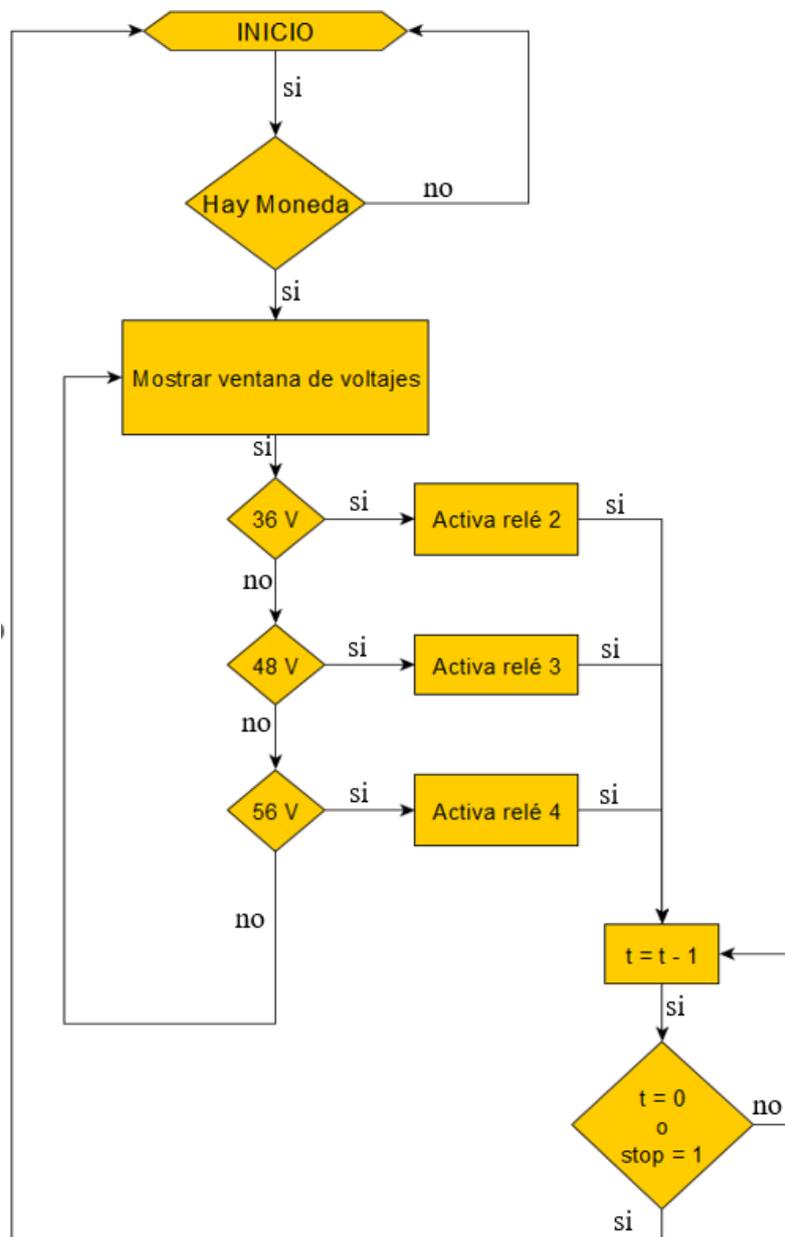


**Figura 23.** Monedero Electrónico Frente Cromado.  
**Fuente.** (Mercado Libre, 2023).

### 6.1.2 Programación en Software IDE Arduino.

El programa se realizó considerando las variables de voltaje y botones de control de acuerdo a la configuración de interfaz de ventana de la pantalla Nextion, para realizar la comunicación serial entre los 2 programas se trabaja con la librería ITEADLIB\_Nextion-master.

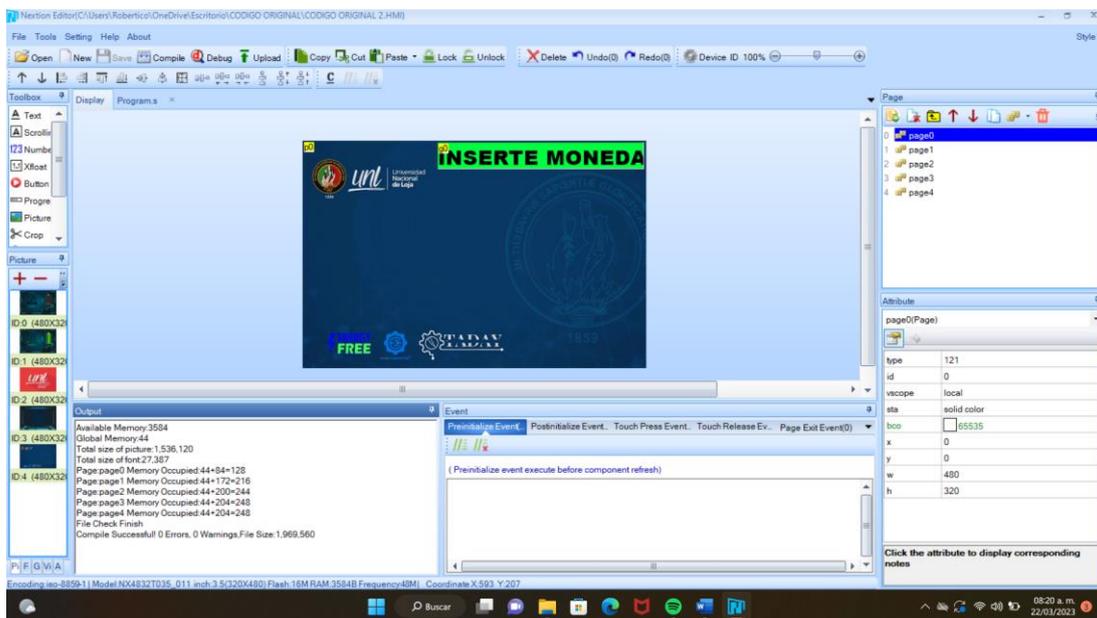
La programación en general del sistema de recarga se puede observar en el flujograma de la [Figura 24](#), donde se explica la secuencia de funcionamiento del sistema integrado de recarga.



**Figura 24.** Flujograma de sistema de recarga.  
**Fuente.** Autor

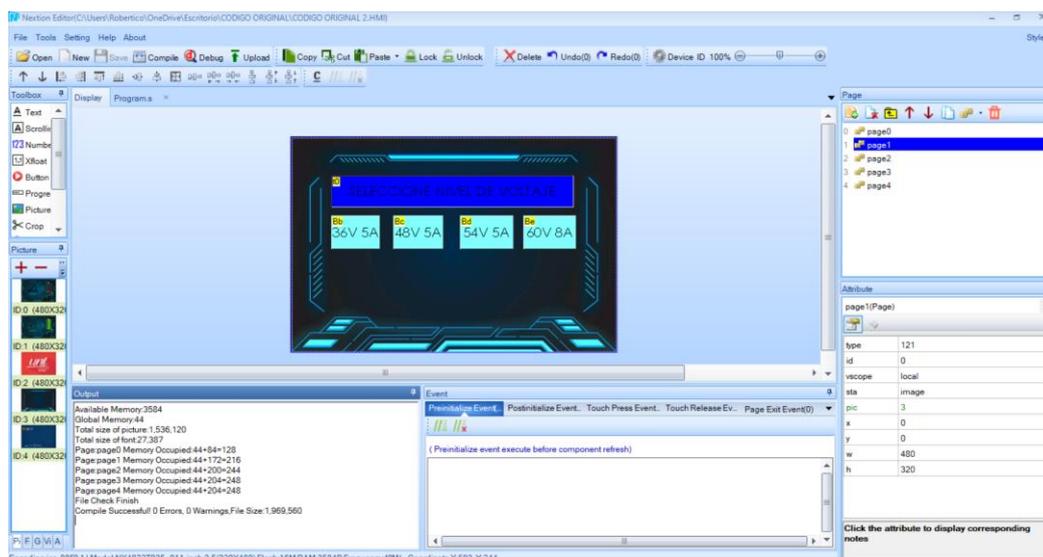
### 6.1.3 Programación en Pantalla Nextion.

El Interfaz de control de la pantalla que controla el sistema se diseñó con 3 ventanas de control de las cuales se explican a continuación; En la **Figura 25** el interfaz funciona de tal manera que el programa pase a la siguiente ventana siempre y cuando detecte la señal de ingreso de moneda desde el monedero electrónico. En la **Figura 26**, esta ventana una vez ingresada la moneda, en esta pantalla el usuario elige el tipo de voltaje de recarga, esto de acuerdo al modelo de scooter y voltaje que requiera el usuario y en la **Figura 27** se abre una vez seleccionado el voltaje, en esta pantalla el usuario activa el relé que va a activar el módulo con el voltaje seleccionado y el scooter recibe la carga necesaria.



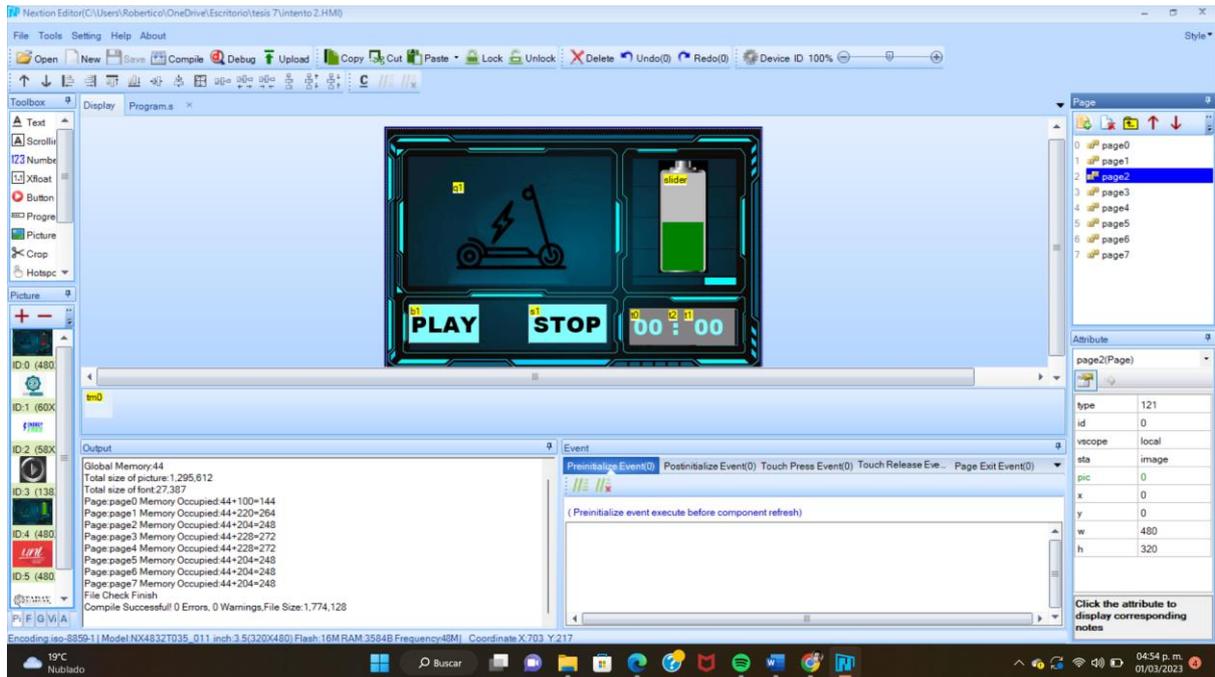
**Figura 25.** Interfaz, pantalla inicial de control.

Fuente. Autor



**Figura 26.** Interfaz, pantalla de selección de voltaje de salida.

Fuente. Autor



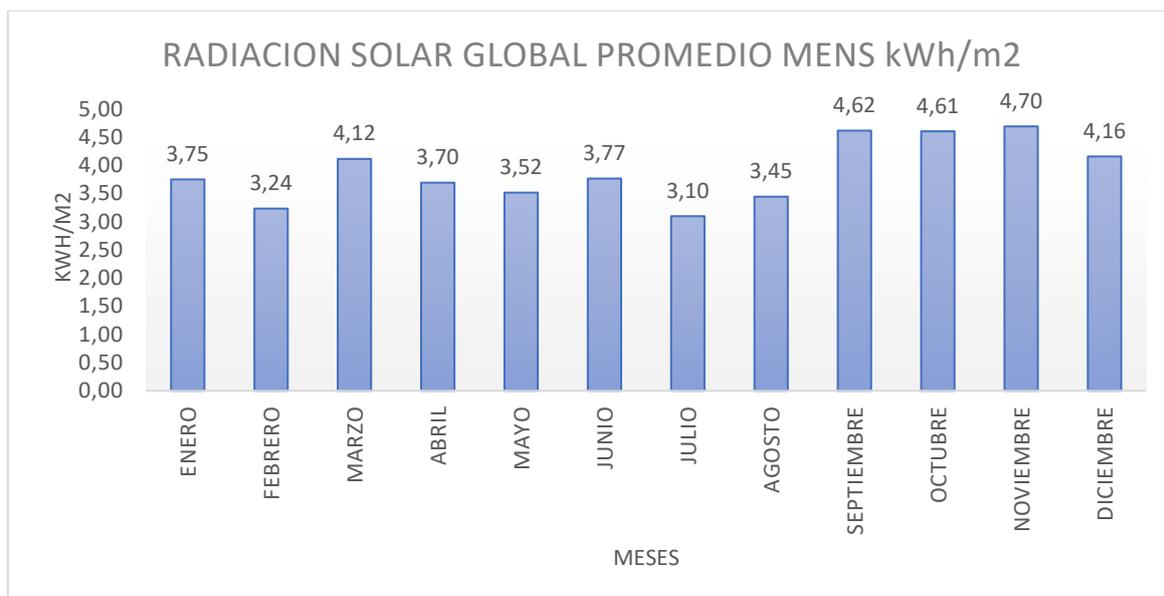
**Figura 27.** Interfaz, pantalla en modo activación de carga.  
**Fuente.** Autor

Una vez programada la interfaz se genera el código. tft del archivo para subirlo respectivamente a la pantalla Nextion de control mediante una tarjeta de memoria microSD que va insertada en una ranura en la parte posterior de la pantalla.

## 6.2 Segundo objetivo: Dimensionar un sistema fotovoltaico para la estación de carga eléctrica.

Los estudios de radiación se analizaron con los datos de radiación obtenidos desde el piranómetro implementado en las instalaciones perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, en la **Figura 28** se muestra una gráfica con valores de radiación promedio diario mensual del sitio de emplazamiento.

De estos valores para el cálculo de la potencia solar se escoge el valor para la condición más crítica que es para el mes de julio con una Radiación Global Promedio de  $3,1 \text{ kWh/m}^2$



**Figura 28.** Radiación promedio global de la estación Meteorológica ubicada en la Universidad Nacional de Loja año 2022.

**Fuente.** Autor

En la **Tabla 4** se tabularon los datos obtenidos de valores de potencias del sistema. El valor de potencia del scooter fue obtenido gracias a la entrevista a un experto en reparación de estos vehículos.

Para los valores de potencia de los diferentes componentes se obtiene de las fichas técnicas de cada uno que se encuentran en los respectivos anexos.

$$P_{\text{scooter}} = 300 \text{ W}; P_{\text{Arduino}} = 3,5 \text{ W}; P_{\text{Nextion}} = 2,5 \text{ W}; P_{\text{Monedero}} = 3 \text{ W}$$

**Tabla 4.** Tabulación de datos de cargas del sistema.

Equipo	N	Potencia [W]	Tiempo estimado de uso [h]	Capacidad instalada [W/h]	Demanda energética Wh/día
Scooter	1	300	2,5	300	750
Módulo Arduino	1	3,5	2,5	3,5	8,75
Pantalla Nextion	1	2,5	2,5	2,5	6,25
Monedero	1	3	2,5	3	7,5
<b>Total</b>					<b>772,5</b>

**Fuente.** Autor

### 6.2.1 Demanda energética.

$$P_{uniTot} = P_{scooter} + P_{Arduino} + P_{Nextion} + P_{Monedero}.$$

$$P_{uniTot} = 300 + 3,5 + 2,5 + 3 = 309 \text{ W}$$

$$N_{scooter} = 1.$$

$$T_{carga} = 0,5 \text{ h.}$$

$$N_{cargas} = 5.$$

Por temas de alcance de diseño se selecciona un tiempo de recarga de media hora por scooter y para 5 recargas diarias. Ya que el prototipo está diseñado para abastecer de carga a 1 scooter cada media hora a la vez.

$$E_d = \sum (P_{uniTot} * N_{scooter} * T_{carga}) * N_{cargas}$$

$$E_d = \sum (309 \text{ W} * 1 * 0,5) * 5$$

$$E_d = 772,5 \text{ Wh}$$

### 6.2.2 Rendimiento del sistema.

Con la aplicación de la **Ecuación Ecuación 9** se calcula el rendimiento global del sistema, que toma en consideración las pérdidas por temperatura, suciedad de los paneles, regulador de carga, cableado eléctrico, baterías, autodescarga del banco de baterías, y por último pérdidas en el elevador de voltaje y se tiene que el rendimiento total es:

$$R_t = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{elev} \cdot \eta_{pan}$$

$$R_t = 0,87 * 0,98 * 0,97 * 0,95 * 0,91 * 0,94 * 0,90$$

$$R_t = 0,60$$

Donde:

$\eta_{pan}$  = rendimiento de potencia de los paneles fotovoltaicos que el fabricante garantiza según el periodo de uso, Naranjo Vargas (2022) en su investigación recomienda un rendimiento del 90 % en los primeros 10 años de uso y a los 25 años del 80 %, basándose en Itaz Alcuacer K y en su estudio de factibilidad de un sistema de generación fotovoltaico para brindar servicio al edificio SEDE de la Organización Latinoamericana de Energía ubicada en la ciudad Quito. (Itaz Alcuacer, 2017).

$\eta_{reg}$  = valor obtenido de la ficha técnica del componente (ver en **Anexo 11**).

$\eta_{elev}$  = rendimiento del módulo elevador de voltaje seleccionado, valor obtenido de las características técnicas (ver **Anexo 7**).

$\eta_{aut}$  y  $\eta_{bat}$  = rendimiento debido a las pérdidas por autodescarga y por rendimiento de las baterías seleccionadas, dato encontrado en la ficha técnica de los proveedores (ver **Anexo 8**).

$\eta_{suc}$  y  $\eta_{cab}$  = valores recomendados por las Normas NEC -11 en su Capítulo 14 de Energías Renovables (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012). Recomiendan valores de 0,98 y 0.95 respectivamente.

$\eta_{temp}$  = para obtener el rendimiento del sistema por temperatura se calcula con la **Ecuación 6**.

Donde.

$T_c$  = es la radiación de la celda fotovoltaica a una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>.

$T_a$  = es la temperatura ambiente, en este caso la temperatura ambiente de la ciudad de Loja tiene un promedio de 19°C este valor se lo obtuvo del piranómetro de la universidad (ver **Figura 29**).

NOCT = es la temperatura de operación normal de la celda y viene especificada en la ficha técnica del proveedor. El valor recomendado de este valor en caso de no encontrarlo en la ficha, es de 45°C recomendado en las normas NEC-11 Cap. 14 Energías Renovables.

$C_T$  = es el valor de coeficiente de variación de potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de los estándares de prueba. Este valor se asume por norma NEC-11 un valor de 0,005

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25^\circ\text{C})$$

$$T_c = T_a + 1,25(\text{NOCT} - 20^\circ\text{C})$$

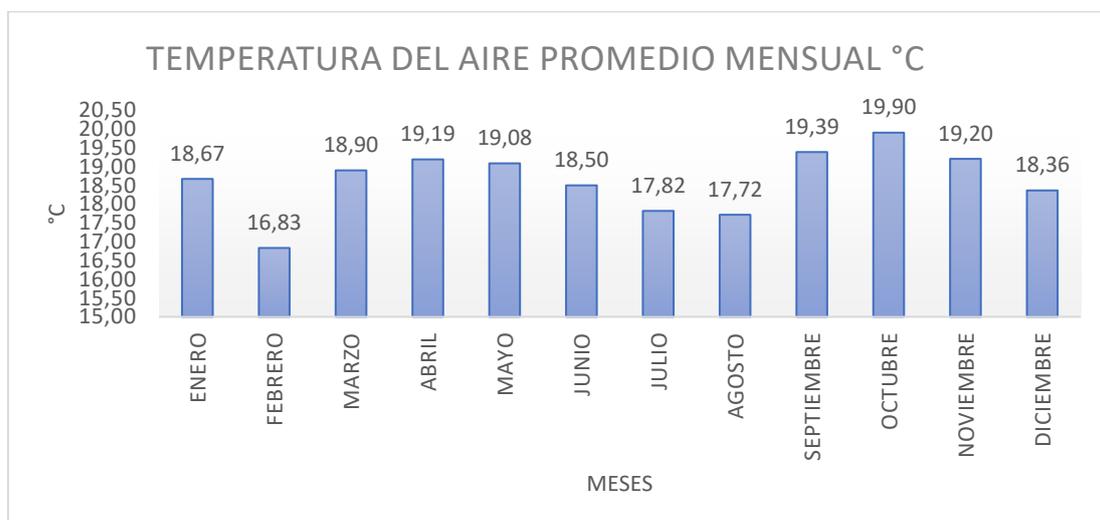
$$T_c = 19^\circ\text{C} + 1,25(45^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$T_c = 50,25^\circ\text{C}$$

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25^\circ\text{C})$$

$$\eta_{temp} = 1 - 0,005(50,25 - 25)$$

$$\eta_{temp} = 0,87$$



**Figura 29.** Curva de Temperatura promedio mensual de la ciudad de Loja sector La Argelia.

**Fuente.** Autor.

### 6.2.3 Demanda de energía diaria máxima de consumo.

Para calcular la demanda de energía máxima diaria de consumo se hace el cociente entre la demanda energética y el rendimiento global del sistema.

$$E_{dmc} = \frac{E_d}{R_t}$$
$$E_{dmc} = \frac{772,5 \text{ Wh}}{0,60}$$
$$E_{dmc} = 1287,5 \text{ Wh.}$$

### 6.2.4 Energía generada.

Para calcular la energía generada por el grupo fotovoltaico, se toma en cuenta las pérdidas por el regulador de carga, empleando así el valor de rendimiento de trabajo encontrado en su ficha técnica (ver **Anexo 11**) el cual es de un 98%.

$$E_g = \frac{E_{dmc}}{\eta_{reg}}$$
$$E_g = \frac{1287,5 \text{ Wh}}{0.98}$$
$$E_g = 1313,77 \text{ Wh}$$

### 6.2.5 Potencia pico del sistema fotovoltaico.

Para calcular la potencia pico del sistema necesitamos el valor de la hora solar pico (HSP), aplicando la **Ecuación 15**.

$$HSP = \frac{\overline{H_T}}{1000 \text{ W/m}^2}$$

Donde  $\overline{H_T}$  es la radiación global sobre una superficie inclinada y se calcula con la **Ecuación 16**. Donde el valor de k lo sacamos de la **Tabla 8**, para obtener este valor se trabaja con las coordenadas exactas del lugar ya que en la tabla se elige el valor según latitud del sitio, mes de más baja radiación e inclinación del panel.

El valor de inclinación óptimo en el lugar de estudio es de 10 grados según la recomendación de la Ing Sara Buri en su proyecto de tesis llamado “Determinación del ángulo de inclinación para maximizar la producción de energía de paneles fotovoltaicos en latitudes cercanas a cero”

Donde el valor de latitud del lugar podemos observar en la **Figura 54**.

Latitud = -4,03

Mes con mas baja radiacion = Julio

Ángulo óptimo de Inclinación. =  $10^0$

$$\bar{H} = 3,1 \text{ kWh/m}^2$$

$$k = 1,04$$

$$\bar{H}_T = k * \bar{H}$$

$$\bar{H}_T = 1,04 * 3100 \text{ Wh/m}^2$$

$$\bar{H}_T = 3224 \text{ Wh/m}^2$$

Entonces la hora solar pico es:

$$HSP = \frac{\bar{H}_T}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = \frac{3224 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = 3,224 \text{ h}$$

Encontrando así la potencia solar pico con el cociente entre la energía generada y la hora solar pico:

$$P_p = \frac{Eg}{Hsp}$$

$$P_p = \frac{1313,77 \text{ Wh}}{3,224 \text{ h}}$$

$$P_p = 407,5 \text{ W}$$

### 6.2.6 Número de módulos fotovoltaicos seleccionados.

Donde

$N_s$  = Cociente entre el voltaje del panel y el voltaje del sistema

$N_{\text{panel}}$  = Número de módulos

$P_p$  = potencia solar pico

Se selecciona el panel de 100W SPM100P-T (**Anexo 13**)

$P_{\text{panel}} = 100 \text{ W}$

$$N_s = \frac{V_{\text{panel}}}{V_{\text{sistema}}}$$

$$N_s = \frac{19 \text{ V}}{12 \text{ V}}$$

$$N_s = 1,58$$

Entonces el número de paneles es:

$$N_p = \frac{P_p}{N_s * P_{panel}}$$

$$N_p = \frac{407,5 W}{1,58 * 100 W}$$

$$N_p = 2,57 \cong 3 \text{ Paneles}$$

El Panel seleccionado es del modelo SPM100P-TS-N, de 100 vatios de potencia en la **Figura 30** se muestran los detalles técnicos.



**Figura 30.** Panel fotovoltaico de silicio puro policristalino  
**Fuente.** Autor.

**Tabla 5.** Características técnicas de módulo fotovoltaico elegido para el sistema

Tipo de Módulo	SPM100P-TS-N
Potencia Máxima Nominal	100 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	22,0 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,14 A
Tensión punto de máxima potencia (Vmp)	17,5 V
Corriente punto de máxima potencia (Imp)	5,71 A
Voltaje máximo del sistema	1000 V
Dimensiones	1130×670×35(mm)

**Fuente.** Autor

### 6.2.7 Capacidad total de acumulación.

Para calcular la capacidad total de acumulación, se hace el producto entre la energía generada por los módulos fotovoltaicos y los días de autonomía, como se trata de un prototipo de estación de carga que está en fase de desarrollo se determina para 2 día de autonomía por alcance de diseño, tomando en cuenta que las normas recomiendan 3 días de autonomía por efectos ambientales de nubosidad y lluvia.

$$C_{total} = E_g * N$$
$$C_{total} = 1313,77 Wh * 2$$
$$C_{total} = 2627,54 Wh.$$

Para calcular la capacidad total del banco de baterías se toma en cuenta la profundidad de descarga del tipo de batería, en esta ecuación se aplica una profundidad de descarga de 0,6 recomendado por normas NEC-11 capítulo 14 para baterías AGM.

$$C_{banco} = \frac{C_{total}}{P_d}$$
$$C_{banco} = \frac{2627,54 Wh}{0,6}$$
$$C_{banco} = 4379,23 Wh$$

### 6.2.8 Capacidad del banco de baterías según voltaje del sistema.

Para la capacidad del banco de baterías según el voltaje del sistema, se debe hacer el cociente entre la capacidad total del banco de baterías y el voltaje del sistema.

$$C_{Ah} = \frac{C_{banco}}{V_{sis}}$$
$$C_{Ah} = \frac{4379,23 Wh}{12 V}$$
$$C_{Ah} = 364,93 Ah$$

### 6.2.9 Número de batería para el banco.

Para calcular el número de baterías que van a conformar el sistema acumulador de energía se aplica el cociente entre la carga del banco de baterías y el voltaje del sistema.

Entonces el número de baterías para el sistema es.

Donde.

$C_{nominal}$  = es el valor de capacidad de Ah de la batería, en este caso usamos la batería de 100Ah

$$N_{ba} = \frac{C_{Ah}}{C_{nominal}}$$

$$N_{ba} = \frac{364,93 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}}$$

$$N_{ba} = 3,64 \cong 4 \text{ Baterias}$$

Resultando así un total de 4 baterías de 12V y 100 Ah conectadas en paralelo.

Para este proyecto se seleccionó las baterías de la marca POWEST cuya ficha técnica se puede ver en el **Anexo 8**.

#### 6.2.10 Capacidad de controlador de carga.

Se aplica el producto entre la intensidad de cortocircuito de los paneles por el número de módulos y un factor de seguridad de 1,25 recomendado por las normas NEC-11 capítulo 14 de energías renovables.

Donde.

$I_{sc} = 6,14 \text{ A}$ .

N = Número de paneles.

1,25 = Factor de seguridad

$$I_{max} = 1,25 * N * I_{sc}$$

$$I_{max} = 1,25 * 3 * 6,14 \text{ A}$$

$$I_{max} = 23,025 \text{ A}$$

El regulador seleccionado es de la marca POWEST de 60 A, ya que no se pudo encontrar el de menor capacidad, en la **Figura 31** se observa el mismo. Para información más detallada ver la ficha técnica (**Anexo 11**).



**Figura 31.** Controlador de carga marca Powest de 60 A MPPT.  
**Autor.** (POWEST, 2023).

### 6.2.11 Dimensionamiento de conductores.

Para el sistema se usan cables específicamente para aplicaciones fotovoltaicas, con características técnicas de aislamiento altas.

Determinando intensidad de corriente en los conductores tenemos:

Dependiendo de la conexión del grupo fotovoltaico, aplicamos el cociente entre la potencia total de los paneles y el voltaje de los módulos.

- Potencia en los circuitos de módulos fotovoltaicos tenemos:

$$I_{cc} = \frac{P_{circuito}}{V_{mpp}}$$

$$I_{cc} = \frac{300 W}{19 V}$$

$$I_{cc} = 15,78 A$$

Donde  $V_{mpp}$  = Es el voltaje de potencia pico de los paneles.

Los cables seleccionados deben resistir una corriente de 15,78 A, como son cables que deben soportar ambiente a la intemperie deben estar protegidos con una capa de aislamiento especial.

Para calcular la caída de tensión se tiene un flujo de corriente de  $I_{cc} = 15,78 A$ , Por recomendación de norma se comprueba que no supere el 3%.

Donde.

$$\Delta V = \rho * \frac{2 L}{S} * I$$

Donde.

$\gamma = 56 S.m/ mm^2$  valores de conductividad de cobre para 20 grados de temperatura según tabla 4.1 del libro de Bayod (2009)

$L$  = distancia que recorre el cable (6m).

$I_{cc}$  = Intensidad de corriente en los conductores (26,31 A).

$S$  = sección del cable seleccionado (Cable # 10 con una sección de 30 mm<sup>2</sup>).

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

$$\Delta V = \frac{1}{\gamma} * \frac{2 L}{S} * I$$

$$\Delta V = \frac{1}{56 S \frac{m}{mm^2}} * \frac{2 (6 m)}{30 mm^2} * 27,77 A$$

$$\Delta V = \frac{1}{56 * \frac{1}{\Omega} * \frac{.m}{mm^2}} * \frac{12 m}{30 mm^2} * 15,78 A$$

$$\Delta V = 0,11 V$$

Para el cálculo de la caída de tensión se tiene:

$$\%_{\Delta V_c} = \frac{\Delta V}{V_{np}} * 100 \% \leq 3 \%$$

$$\%_{\Delta V_c} = \frac{0,11V}{12 V} * 100\% \leq 3 \%$$

$$0,9 \% \leq 3 \%$$

### 6.2.12 Selección de protecciones.

Para la selección de protecciones se realizó el cálculo de corriente para tres circuitos los cuales deben ir protegidos contra cortocircuitos como también para hacer futuros mantenimientos y por recomendación de manual de uso del controlador de carga.

- **Circuito Paneles – Controlador:**

Por recomendación por el manual de usuario del controlador de carga MPPT se hace el cociente entre la potencia del sistema fv para el voltaje de los paneles como se muestra en la ecuación siguiente.

$$I_{cc} = \frac{P_{circuito}}{V_{mpp}}$$

$$I_{cc} = \frac{300 W}{19 V}$$

$$I_{cc} = 15,78 A$$

- **Circuito Baterías – Controlador:**

$$I_{cc} = I * 0,3$$

Según Mastervolt (2023) en su página web describe que el amperaje al cual se puede cargar un banco de baterías de manera satisfactorio sin que sufra algún daño es de 10 al 20% de la capacidad en Ah total del banco, y para un banco de baterías de AGM la corriente máxima de carga es del 30%

Es decir que para este banco de baterías dimensionado es de 200 Ah y se obtuvo lo siguiente.

$$I_{cc} = I * 0,3$$
$$I_{cc} = 200 \text{ Ah} * 0,3$$
$$I_{cc} = 60 \text{ Ah}$$

Entonces para la protección adecuada en corriente de carga para el banco de baterías se seleccionó un disyuntor de 30 Ah, ya que los conductores seleccionados son número 10 controlando así una intensidad de corriente de 40 A.

### **6.2.13 Esquema eléctrico general del sistema.**

Para diseñar el esquema eléctrico se usó el software con licencia libre AutoCAD en el cual podemos detallar el esquema eléctrico del sistema completo, ver **Anexo 14**.

## **6.3 Tercer objetivo: Construir prototipo de estación de carga para un scooter.**

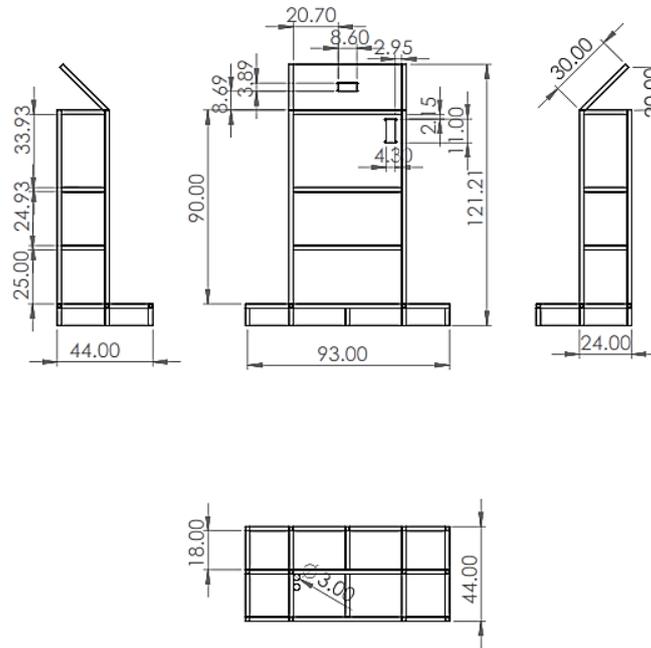
Para construir la estación de carga se hace un modelado en software en los formatos de 2d y 3d para una mejor apreciación, Tomando en consideración el tamaño de los componentes que van en el interior. Las baterías son las que llevan el mayor volumen y peso de tal manera que para modelar la caja protectora se analiza primero el tamaño de cada componente del sistema.

### **6.3.1 Diseño en software a CAD del prototipo de estación de carga autónoma.**

La estructura se dimensionó de tal forma que los equipos seleccionados que forman parte del sistema se acoplen debidamente en el interior y el espacio sea el adecuado para el buen funcionamiento y mantenimiento.

La misma cuenta con tres niveles como se detalla a continuación en la **Figura 32**. El primer nivel tiene una dimensión de 60 cm de ancho por 30cm de fondo y 30cm de alto, cumpliendo así con el espacio adecuado para almacenar una de las baterías de 100 Ah que son las seleccionadas en el proyecto. En el segundo nivel va a seguir el mismo patrón que el primer nivel ya que en él se colocó otra batería de las mismas características. En el tercer nivel que también consta de las mismas dimensiones que le primero y segundo nivel, pero este cuenta con un doble fondo de acrílico ya que aquí se instala el circuito eléctrico y de mando y en el

último nivel se detalla un volado a 45 grados donde está colocada la pantalla táctil que es de donde vamos a gobernar todo el sistema de carga.



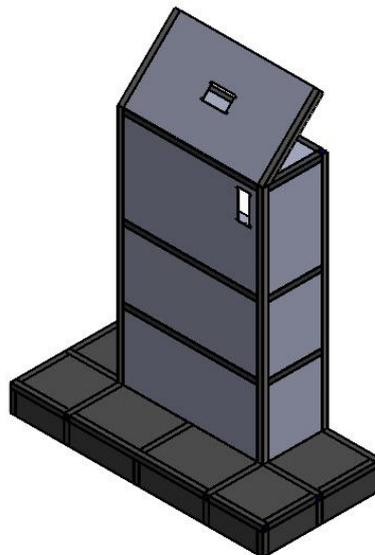
**Figura 32.** Plano estructural de prototipo de estación de carga.

**Fuente.** Autor

### 6.3.2 Planos en 3d del prototipo de estación de carga.

Para el desarrollo del prototipo se usó el software de modelado y diseño estructural SolidWork. En la **Figura 33**, se observa en tercera dimensión, cómo va distribuido el gabinete,

En esta imagen se puede ver los orificios en los cuales se colocan el monedero electrónico y la pantalla Nextion de control.



**Figura 33.** Diseño 3d de prototipo de estación.

**Fuente.** Autor

### 6.3.3 Elaboración de presupuesto y materiales.

En la **Tabla 6** se puede ver la lista de materiales que se necesitaron para la construcción del prototipo de estación de carga, unidades de cada equipo y material y el costo total de la inversión inicial del prototipo.

**Tabla 6.** Proforma de Equipos y materiales de proyecto.

<b>PRESUPUESTO ESTACIÓN DE CARGA SOLAR</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COSTO UNIDAD USD (incluye iva)</b>	<b>COSTO TOTAL USD</b>
<b>Sistema de paneles FV.</b>			
Estructura base sistema FV	1	400	400
Panel FV 100 W	3	120	360
Cable # 8 Concéntrico.	5	3.24	16.2
Enchufe cooper pata gallina 50 A, 250 V	1	6.41	6.41
Tomacorriente cooper empotrado 50A, 250 V	1	3.63	3.63
<b>Sistema de control automático</b>			
Estructura estación	1	150	150
Modulo Arduino Mega	1	25	25
Modulo step up dc-dc	2	35	70
Modulo step down dc-dc	1	10	10
Relé 5 V DC	2	13	26
Monedero electrónico	1	30	30
Pantalla Hmi Nextion	1	55	55

Cable UTP	5	1	5
Barra de distribución	2	7	14
Disyuntor 40 A	1	8	8
Disyuntor 20 A	1	7	7
Disyuntor 10 A	1	7	7
Cable # 8	4	0.8	3.2
Cable # 10	4	0.6	2.4
Cable # 12	4	0.6	2.4
Cable # 14	5	0.4	2
Riel ranurado	1	4.5	4.5
Riel din	1	1	1
Tornillo decorativo	8	1.5	12
Tornillo pequeño	30	0.3	9
Acrílico 4mm	1	8	8
Terminales	20	0.2	4
Salida multi conector plug Fuyuang	1	60	60
<b>Banco de baterías</b>			
Baterías de 100 Ah, 12 V POWEST	4	230	920
<b>TOTAL</b>			<b>2221,72</b>

**Fuente.** Autor

### 6.3.4 Construcción de estructura de prototipo.

La estación de carga autónoma se construyó en 3 fases respetando medidas de los planos mecánicos y eléctricos.

En la primera fase se construyó la estructura que protege todo el sistema de control, esta estructura está hecha de tol galvanizado de 0,4 mm de espesor y tubo cuadrado de 1,5 mm.

Materiales:

- 2 planchas de tol galvanizado 0,4 mm
- 3 tubos cuadrados de 1/2" x 1,5 mm
- Suelda eléctrica
- Pintura

En la **Figura 34** se puede observar el resultado de la construcción de la estructura con sus respectivas medidas para acoplar todos los elementos del sistema en su interior.

Constando de tres niveles en los cuales el primer y segundo nivel es para guardar las baterías, el tercer nivel es para el sistema de control en el cual se instalan todos los componentes electrónicos y en la placa voladiza con un ángulo de 45° es donde va a ir colocada la pantalla de mando Nextion.



**Figura 34.** Estructura de la estación de carga en tol galvanizado.

**Fuente.** Autor

### 6.3.5 *Implementación de circuito electrónico.*

El circuito se construyó siguiendo los lineamientos de los planos electrónicos diseñados.

Los materiales y equipos a usar son los siguientes:

Lista de materiales:

- Cables conductores # 14, 12, 10, y 8
- Cable utp de datos 5v
- Borneras para riel din con protección
- Placa de baquelita de 20x10 cm
- Riel din
- Placa de acrílico 50x60cm de líneas
- Bornes para placas electrónicas
- Terminales tipo u
- Terminales tipo ojo para baterías
- Terminales tipo macho pequeñas
- Riel plástico ranurada
- Cinta aislante
- Termo fundente

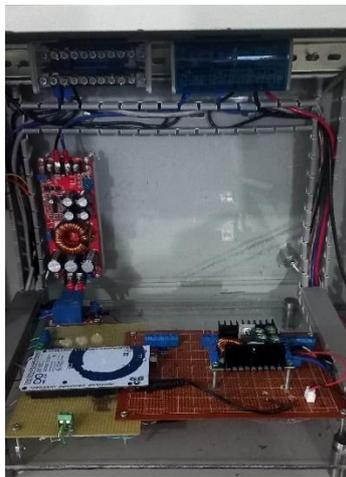
Lista de elementos electrónicos:

- 1 Arduino Mega 2560
- Módulo elevador dc-dc step up 60V, 30A
- Módulo reductor dc-dc DIY XL 4016 step down 300W 4-40 A, 1.2-35V DC-DC
- Pantalla ft Nextion 3,5 pulgadas
- Monedero electrónico.

En las siguientes imágenes se observa el proceso de construcción e implementación del circuito de control en la estación.



**Figura 35.** Implementación de los elevadores de voltaje en la base de acrílico.  
**Fuente.** Autor



**Figura 36.** Instalación de la placa Arduino Mega, relé y módulo reductor de voltaje para protección del sistema de control.  
**Fuente.** Autor



**Figura 37.** Instalación de cableado, bornes de distribución y controlador de carga solar.  
**Fuente.** Autor

### 6.3.6 Pruebas de funcionamiento.

Para las pruebas de funcionamiento el sistema se ha dividido en 2 partes.

- **Pruebas de recarga con el sistema de control automático alimentado desde el banco de baterías:**

Estas pruebas fueron necesarias para saber si el sistema de recarga con control automático funciona tal como se propone en el proyecto, en las siguientes imágenes se puede observar que las pruebas fueron exitosas haciendo recargas primero de 10 s, luego de 5 minutos y por último de 30 minutos para la corroboración de buen funcionamiento del sistema integrado.

En la figura **Figura 38** se puede ver la pantalla que da inicio al programa, en esta ventana el usuario debe ingresar una moneda de un dólar por el monedero electrónico para poder continuar con el servicio de recarga.



**Figura 38.** Pantalla de inicio.

**Fuente.** Autor

En la **Figura 39** se puede observar la prueba de funcionamiento de la pantalla táctil en donde el usuario después de insertar la moneda cambia a una pantalla en la cual debe elegir el tipo de voltaje necesario para su scooter.



**Figura 39.** Interfaz de pantalla táctil en buen funcionamiento.  
**Fuente.** Autor

En la **Figura 40** se puede observar que la pantalla pasó ahora a la ventana del modo recarga donde el usuario selecciona el botón de inicio de recarga dando un toque en el botón play iniciando así el temporizador para activar el voltaje requerido.



**Figura 40.** Ventana en modo recarga.  
**Fuente.** Autor

En la **Figura 41** se muestra ya la estación en funcionamiento dando recarga a un scooter eléctrico de 36 V en un tiempo de 30 minutos.



**Figura 41.** Scooter conectado a la estación recargando su batería.  
**Fuente.** Autor

- **Pruebas del controlador en funcionamiento con la matriz fotovoltaica y las baterías.**

Las pruebas de funcionamiento del controlador de carga se realizaron en el área de la casa autosustentable de la facultad de la energía, las industrias y los recursos naturales no renovables de la Universidad Nacional de Loja, donde están instalados los módulos fotovoltaicos, en las siguientes imágenes se observa cómo se hicieron estas pruebas.

En la **Figura 42** se puede observar cómo se hace la implementación de la estación en donde se encuentra instalado el grupo fotovoltaico, en primer lugar, se hace la conexión en paralelo de los paneles fotovoltaicos tal como se basó en la propuesta metodológica.



**Figura 42.** Conexión en paralelo del grupo fotovoltaico.  
**Fuente.** Autor

Antes de conectar la matriz FV al prototipo de estación se verificó el voltaje de salida de la conexión en paralelo de los 3 módulos fotovoltaicos dando un valor de 19,88 voltios, ver **Figura 43**.



**Figura 43.** Medición de valor de voltaje en dc, salida de matriz FV.  
**Fuente.** Autor

Para activar el controlador de carga por recomendación del manual de usuario primero se conecta las baterías al controlador para que haga un censo del voltaje del banco de baterías automáticamente, luego se conecta la matriz FV al sistema para que así empiece el modo de recarga, en la **Figura 44** se puede observar en la pantalla lcd valores arrojados por el controlador conectado a la matriz FV y al banco de baterías, en la parte superior se encuentra el valor del voltaje de los paneles solares y en la parte inferior se dan los valores de voltaje del banco de baterías y su nivel de carga.



**Figura 44.** Controlador de carga activado y en funcionamiento.  
**Fuente.** Autor

## 7. Discusión

En la actualidad no existe una tarifa de cobro definida para la carga del scooter eléctrico, sin embargo, los sistemas de recarga para autos eléctricos de empresas privadas y públicas si está regulado por la ARCONEL, por lo tanto, se recogieron los datos sobre el uso de energía de la red en kWh para la recarga de vehículos eléctricos, de la misma forma se tomó en cuenta los tiempos de recarga.

Conforme a la metodología planteada, en primer lugar, se realizó el levantamiento de información técnica con respecto a los requerimientos de voltaje y corriente para la recarga de scooters eléctricos disponibles en el mercado local, para ello se hace uso de la encuesta por su fácil aplicación, confiabilidad de los datos obtenidos y acercamiento directo con los encuestados.

El sistema está propuesto para que el usuario sin necesidad de llevar su propio cargador, llegue a la estación y con una moneda de un dólar, activar la carga según el modelo de scooter que tenga, para ello es necesario que el sistema integre un módulo en el cual podemos ajustar los valores de salida de voltaje necesarios para el servicio de recarga para los diferentes tipos de scooters, Para este servicio se llevó a cabo una investigación acerca de los módulos dc-dc tipo boost elevadores y reductores que permiten ajustar los valores de voltaje y corriente de salida, Estos módulos se encargan de elevar el voltaje de entrada desde el banco de baterías que trabaja a 13,8 Voltios reales y eleva el voltaje hasta 60 Voltios que es uno de los valores máximos de carga del scooter en el mercado actual.

Para implementar el sistema de carga con cobro automático los mismos módulos elevadores se encargan de ajustar la corriente de salida que según la investigación la mayoría de scooters permiten corrientes de entrada desde hasta 5 amperios sin que se averíe el sistema de protección de carga que llevan algunas baterías (bms)

Otro punto a considerar es el sistema de control de cobro automático y control de mando del sistema en general, que funciona con un módulo Arduino mega 5260 el cual es compatible con la pantalla HMI de tecnología táctil de donde se comanda el sistema mediante la interacción usuario máquina, para alimentar estos dispositivos se usó el módulo tipo boost dc-dc reductor de voltaje, ya que permiten ajustar la corriente y voltaje de salida desde el banco de baterías y así poder proteger estos dispositivos que requieren voltajes y corrientes más bajos.

Este proyecto tiene la finalidad de hacer uso del Eco transporte, cambiar la matriz energética en el campo de la movilidad y con la implementación de estaciones de carga alimentada con energía solar concientizar a las personas dándoles más facilidades al momento de hacer uso de estos vehículos de movilidad personal.

La energía solar es una de las energías alternativas que más está evolucionando en la actualidad, abaratando costos de fabricación, tecnología de materia prima y eficiencia, lo que permite que se convierta en un tipo de energía accesible para cualquier usuario.

Para el control de mando de todo el sistema se empleó un tipo de tecnología que además de ser muy barata, facilita el modo de control haciendo que el usuario tenga una experiencia fácil y práctica de interactuar con este tipo de servicios.

La tarjeta Arduino Mega y la pantalla Nextion HMI con tecnología de control táctil son dispositivos compatibles, gracias a sus librerías se pueden diseñar códigos programables que permitan realizar sistemas de automatización que agilizan procesos ahorrando recursos humanos.

Para el sistema acumulador de energía se determinó el uso de baterías solares del tipo AGM de la marca Powest de 100 Ah ya que son menos costosas y más accesibles, también porque algunos autores recomiendan usar controladores y baterías de la misma marca.

El controlador seleccionado de la marca Powest de 60 A es del tipo mppt (buscador de punto de máxima potencia de los paneles  $f_v$ ) característica que es recomendada para sistemas autónomos, aparte que son de uso profesional y trae ventajas como sensores de voltaje y temperatura para una mejor protección y funcionamiento del sistema integrado.

Con un costo total de inversión inicial de 2221,71 dólares en promedio por el diseño y construcción de este prototipo de estación de carga se puede decir que en la ciudad de Loja aún no existe demanda de este tipo de estaciones con lo que la rentabilidad por ahora no sería tan buena, ya que la demanda por ahora del servicio de carga por parte de esta clase vehículos aún no está bien explotada,

El presente prototipo se alimenta de un sistema fotovoltaico autónomo no conectado a la red (off grid) y solo tiene cargas en corriente directa, por lo que se ahorró el cálculo de selección de un inversor de corriente, que son costosos y además producen pérdidas en el sistema.

Para la tarifa de cobro por el servicio de carga, no se encontró una norma que establezca un valor por energía de este tipo de modelos de negocio, sin embargo, se puede hacer un análisis de costos para saber si el precio propuesto en este trabajo estaría bien para que sea un proyecto rentable.

En comparación a otro tipo de estación de carga especialmente para scooter, cabe destacar que en el proyecto realizado en la universidad de Cotopaxi por Casa Cárdenas & Rodríguez Alegria (2023) usa inversores de corriente haciendo que los sistemas no tengan similitud ya que al contener inversores el sistema puede ser reemplazado por un toma normal

de la casa, sin embargo la ventaja del prototipo construido en este diseño, es que lleva sus propios cables de carga dependiendo del modelo de scooter facilitando así a los usuarios que necesiten recargar sus vehículos sin llevar su cargador.

## 8. Conclusiones

- Mediante el presente trabajo de titulación, se construyó un sistema de cobro automático para una estación de carga de scooters eléctricos, el cual está conformado por una pantalla HMI de control NEXTION enlazada con una tarjeta de control Arduino Mega; en donde, se establece qué nivel de voltaje activar, dado que cuatro módulos elevadores proporcionan diferentes tipos de voltaje. Todo el sistema de cobro integra una tarifa de 1\$ por 30 minutos de carga para diferentes tipos de scooter.
- La matriz de generación eléctrica con módulos fotovoltaicos se construyó en base a la carga total requerida por la estación de carga y con 2 días de autonomía para el banco de baterías esto por cuestión de construcción, el mismo está conformado por 3 paneles fotovoltaicos policristalinos de 100 W a 18 V conectados en paralelo, un controlador de 60 A y 4 baterías del tipo AGM de 12V y 100Ah conectadas en paralelo; garantizando de esta manera la autonomía energética del prototipo.
- Para la construcción del prototipo se tomó en cuenta las dimensiones de los equipos y materiales que conforman la estación de carga; para ello se hizo uso de un gabinete de 1x30x60 m fabricado en acero con cuatro subdivisiones; el costo total del prototipo fue de 1761,74 dólares americanos.
- Se recalca que en el presente proyecto se realizó el diseño y construcción de un prototipo en el cual podemos hacer pruebas de funcionamiento real de recarga de baterías en diferentes modelos y marcas, ya que la estación cuenta con un rango grande de ajuste de voltajes y corrientes de salida, y por tal razón no se hizo un análisis de rentabilidad ni de energía.
- El valor del precio de 1 dólar es propuesto en base al alcance del sistema de cobro que se eligió, ya que este tipo de monederos electrónicos admiten monedas desde 10 centavos en adelante, seleccionado así la moneda más alta en nuestro sistema financiero, haciendo así que las pruebas de carga sean prácticas y se puedan hacer posteriores análisis del kWh consumido por cada scooter que se recarga en la estación dependiendo de su potencia de carga.

## 9. Recomendaciones

- Mejorar el sistema de cobro automático, con la finalidad de introducir tecnología que permitan realizar el pago de energía mediante internet y aplicativos móviles o tarjetas. De la misma forma integrar un sistema de recolección de datos que presente el estado de carga de las baterías, valores de corriente y voltaje que se muestran mediante la aplicación
- Realizar un análisis de generación de energía fotovoltaica, con la finalidad de obtener la eficiencia del sistema generador, para estudios posteriores de factibilidad del prototipo.
- Realizar análisis de costos de prototipo implementado, con la finalidad de reducir los costos de construcción para una mejor inserción del prototipo en el mercado. Ya que por ahora no existe normativa de tarifas para este modelo de negocio.
- Se recomienda hacer un estudio de factibilidad para el sector privado ya que por ahora en el país el sistema de transporte personal no está bien explotado y no se encuentran estaciones de carga especialmente para este tipo de transporte eléctrico.
- Mejorar el diseño de estructura de la estación ya que este prototipo no cuenta con protección ante la lluvia ni ambientes de intemperie.

## 10. Bibliografía.

- Aeade. (2020). *www.aeade.net*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=146N3iQ0vzCJT84oILjWoY3jWxwTrWck&ll=-1.7899803519545456%2C-83.2119499121677&z=7>
- Aguirre, F. A., & Ortega, J. E. (2020). Estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- AideepeN. (2023). Obtenido de <https://www.aideepen.com/collections/all-0-99/products/one-1-channel-relay-module-dc-5v-9v-12v-24v-high-and-low-level-trigger-relay-control-with-optocoupler-red>
- ARCONEL. (2019). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución codificado*. Quito.
- Arnaiz, I. S. (2015). Análisis de la evolución y el impacto de los vehículos eléctricos en la economía Europea. Madrid.
- Ávila, A. J. (2020). *Diseño de un sistema de pago automatizado para supermercados*. Bogotá.
- Bayod Rújula, Á. A. (2009). *Sistemas Fotovoltaicos*. Zaragoza.
- Beckman, W. A., & Duffie, J. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (Vol. cuarto). Wisconsin: John Wiley. Obtenido de [https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman\(auth.\)-Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20\(2013\).pdf](https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman(auth.)-Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20(2013).pdf)
- Belnalcazar Lopez, B. D. (2017). *Óptima respuesta a la demanda para estaciones de carga de vehículos eléctricos con alta incertidumbre considerando el perfil del voltaje en la red de distribución*. Quito.
- Benny. (11 de 26 de 2022). *beny.com*. Obtenido de <https://www.beny.com/es/ev-charging-stations-types-and-cost/#>
- Briceño , G. V. (6 de diciembre de 2022). *EUSTON96.COM*. Obtenido de <https://www.euston96.com/monociclo-electrico/>
- CENTIoT. (2022). Obtenido de <https://www.centiot.com/dc-dc-1200w-20a-cc-cv-boost-converter-step-module-constant-current-constant-voltage-power-supply-module-10v-60v-12v-83v-regulator>

Cinergia. (2020). *www.cinergia.org.pe*. Obtenido de <https://cenergia.org.pe/blog/moto-scooter-electrica-convencional-gasolina-cuanto-ahorran/>

Daniel. (julio de 2021). *scooter.guide*. Obtenido de <https://scooter.guide/es/baterias-de-scooter-electrico-todo-lo-que-necesita-saber/>

Ecodirecto. (2023). *www.ecodirect.com*. Obtenido de <https://www.ecodirect.com/Phocos-CXNsolid-50-50-Amp-12-24-48-Volt-PWM-p/phocos-cxnsolid-50.htm>

Editorial Etecé. (2013). *CONCEPTO.DE*. Obtenido de [https://concepto.de/bateria/?fbclid=IwAR0bg7rsQdCjC64fLbHNh3uOdHK61bGTzcd9N\\_8R9PrllBJhdWXcNWWlcyo](https://concepto.de/bateria/?fbclid=IwAR0bg7rsQdCjC64fLbHNh3uOdHK61bGTzcd9N_8R9PrllBJhdWXcNWWlcyo)

EL UNIVERSO. (7 de abril de 2022). *eluniverso.com*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/conozca-cuanto-cuesta-tanquear-un-auto-en-nueva-electrolinera-terpel-voltex-de-guayaquil-nota/>

fullandfast. (2022). *fullandfast.com*. Obtenido de <https://fullandfast.com/blog/baterias-c-de-capacidad-real-y-curva-de-descarga-y-no-de-cuento/>

Fuyuan Electrónico Co. Ltd. (2023). *Connecting Buyers with Chinese Suppliers*. Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_fuyuang/product\\_UL-Certified-48V-2A-Charger-for-Electric-Bike\\_eogyiiigg.html](https://es.made-in-china.com/co_fuyuang/product_UL-Certified-48V-2A-Charger-for-Electric-Bike_eogyiiigg.html)

Galvan, G. (<https://ccea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/lo-que-debes-saber-sobre-los-conectores-mc4> de 2020). *ccea.mx*.

Google. (2023). *Google earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@-4.03229741,-79.20004159,2128.77435194a,1099.86284674d,35y,24.71050727h,5.69597272t,0r>

Gosur. (02 de Febrero de 2023). *GOSUR*. Obtenido de [WW.GOSUR.COM:https://www.gosur.com/map/ecuador/?lang=es&ll=-4.034237480565025,-79.19966539034681&z=16.045053640806408&t=satellite](http://WW.GOSUR.COM:https://www.gosur.com/map/ecuador/?lang=es&ll=-4.034237480565025,-79.19966539034681&z=16.045053640806408&t=satellite)

Grupo NAP. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

Guaman, M. (2016). *Las electrolineras en el Ecuador*.

Itaz Alcuacer, K. V. (2017). *Estudio de factibilidad de un sistema de generación fotovoltaico para brindar servicio al edificio sede de la Organización Latinoamericana de Energía*. Quito.

Jaramillo, W. (03 de 06 de 2019). *Revista Espacios*. Obtenido de [academia.edu:https://www.academia.edu/86342185/Taxis\\_el%C3%A9ctricos\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Loja\\_Ecuador](http://academia.edu:https://www.academia.edu/86342185/Taxis_el%C3%A9ctricos_en_la_ciudad_de_Loja_Ecuador)

- laelectronica.com.gt. (2022). *LA ELECTRÓNICA*. Obtenido de laelectronica.com.gt:  
<https://laelectronica.com.gt/revcor/modulo-elevador-de-voltaje-de-8-60v-a-12-83v-1200w>
- Lamigueiro, O. P. (2015). *Sistemas fotovoltaicos autónomos, conceptos generales y componentes*. Madrid.
- Leon Duchi, E. F., & Quituisaca Verdugo, D. F. (2019). *Estudio de la ubicación y dimensionamiento de electrolinerías en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- MASTERVOLT. (2023). Obtenido de <https://www.mastervolt.es/carga-de-las-bateras/#:~:text=Como%20norma%20general%2C%20la%20corriente,a%C3%B1adirse%20al%2015%2D25%20%25>
- Mendoza, K. (10 de septiembre de 2018). *E-portafolio*. Obtenido de <https://karenmendozabacha.blogspot.com/2018/09/programacion-en-arduino-ide.html>
- Mendoza, S. M. (2012). *Sistema de Pago para Comercio Electrónico*. Zacatecas: Centro de investigación en Matemáticas.
- Mercado Libre. (2023). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-559811368-monedero-electronico-frente-cromado-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-559811368-monedero-electronico-frente-cromado-_JM)
- MIDUVI. (2014). *NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-11 CAP. 14 ENERGÍAS RENOVABLES*. Quito.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de Enero de 2020). *LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA*. Obtenido de LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>
- Munal. (2023). *Munal*. Obtenido de <https://www.munal.com.mx/deportes/scooter-electrico/>
- Muvter. (2022). *Muvter.com*. Obtenido de Cómo elegir tu scooter eléctrico del 2022: <https://muvter.com/blogs/muvter/como-elegir-tu-scooter-electrico-del-2021>
- Naranjo Vargas, R. A. (2022). *Guía para el diseño de sistemas fotovoltaicos para el abastecimiento de unidades habitacionales*.
- NEXTION. (ENERO de 2023). *NEXTION*. Obtenido de <https://nextion.tech/>
- nieto, V. L. (2022). <https://www.motofichas.com/reportajes/6152-los-10-scooters-electricos-con-mas-autonomia>.
- Optimus Digital. (2023). Obtenido de <https://www.optimusdigital.ro/en/relay-modules/4699-red-30-a-relay-module.html>

Perpiñan Lamigueiro, O., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos* (Vol. 1.22). Sevilla: J,de Haro Artes Gráficas, S,L.

Powerplanetonline.com. (2023). *Powerplanetonline.com*. Obtenido de <https://www.powerplanetonline.com/pt/contacto-pt>

POWEST. (2023). Obtenido de <https://powest.com/landing/>

PROGENSA. (2009). *La Energía Solar. Aplicaciones Prácticas*. Sevilla: Artes Gráficas Galas, S.L.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2016). *RADIACIÓN, Efectos y Fuentes*. Panamá: PNUMA.

Proviento .s.a. (2022). Obtenido de <https://proviento.com.ec/irradiacion-ondas/140-90-piranometro-first-class-lsi-lastem.html>

Romero Márquez, C. J. (2020). Dimensionamientos de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica en el Ecuador en baja tensión. Loja.

Santos, D. B. (2006). *Introducción a la energía fotovoltaica*.

Santos, D. B. (2006). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*.

Sarret, M. I. (junio de 2017). Diseño de una estación de recarga para vehículos eléctricos móvil y autosuficiente. Barcelona, España.

Schallenberg, R. c. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Santa Cruz de Tenerife, España: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. doi:978-84-69093-86-3

Schamann, R. (2005). *Que es la energía fotovoltaica*. Tenerife.

softzone. (septiembre de 2022). *www.softzone.es*. Obtenido de <https://www.softzone.es/programas/lenguajes/programar-arduino/>

Solarama. (2019). Obtenido de <https://solarama.mx/blog/protecciones-electricas-para-sistemas-fotovoltaicos/#:~:text=La%20normativa%20actual%20establece%20que%20todos%20los%20sistemas,todas%20las%20consideraciones%20necesarias%20para%20una%20instalaci%C3%B3n%20fotovoltaica>.

Tarazona, C. M. (2020). *Cargadores Rápidos: La infraestructura de carga del sector automotor*. Lima.

Technosun. (2023). *technosun.com*. Obtenido de <https://www.technosun.com/es/productos/conector-tyco-calibre-6mm-hembra-positivo.php>

Tumovilidad urbana.com. (2022). *Tu Movilidad Urbana*. Obtenido de <https://tumovilidadurbana.com/vehiculos-movilidad-urbana/>

twenergy.com. (2019). Obtenido de twewnwergey.com:

<https://twenergy.com/sostenibilidad/movilidad-sostenible/que-es-una-electrolinera-y-como-funciona-1691/>

Valera, R., & Roás Valera, L. I. (2011). *Eléctricos, Los Vehículos*. Nebrija.

Varus. (2020). *VARUS*. Obtenido de <https://varusecuador.com/red-nacional-de-electrolineras-en-ecuador/>

Veloso, C. (junio de 2018). *Electrontools.com*. Obtenido de

<https://www.electrontools.com/Home/WP/arduino-mega-2560-caracteristicas/>

Zamora, V. G. (2017). *Tecnología de inversores en sistemas fotovoltaicos*. Lima.

## 11. Anexos

### Anexo 1. Datos complementarios

**Tabla 7.** Pliego tarifario según demanda eléctrica para estaciones de carga rápida.

<b>RANGO DE CONSUMO</b>	<b>DEMANDA</b> (USD kW- mes)	<b>ENERGÍA</b> (USD kWh)	<b>COMERCIALIZACIÓN</b> (USD Consumidor)
<b>NIVEL DE VOLTAJE</b>	<b>ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA</b>		
	<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas		0,038	
L-V 10:00 hasta 22:00 horas	2,1	0,065	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas		0,031	
S Y D 18:00 hasta 22:00 horas		0,039	
			1,414
	<b>ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA</b>		
L-V 09:00 hasta 18:00 horas		0,059	
L-D 18:00 hasta 22:00 horas		0,096	
	4,050		
L-D 22:00 hasta 08:00 horas		0,043	
S Y D 08:00 hasta 18:00 horas			

**Fuente.** (ARCONEL, 2019)

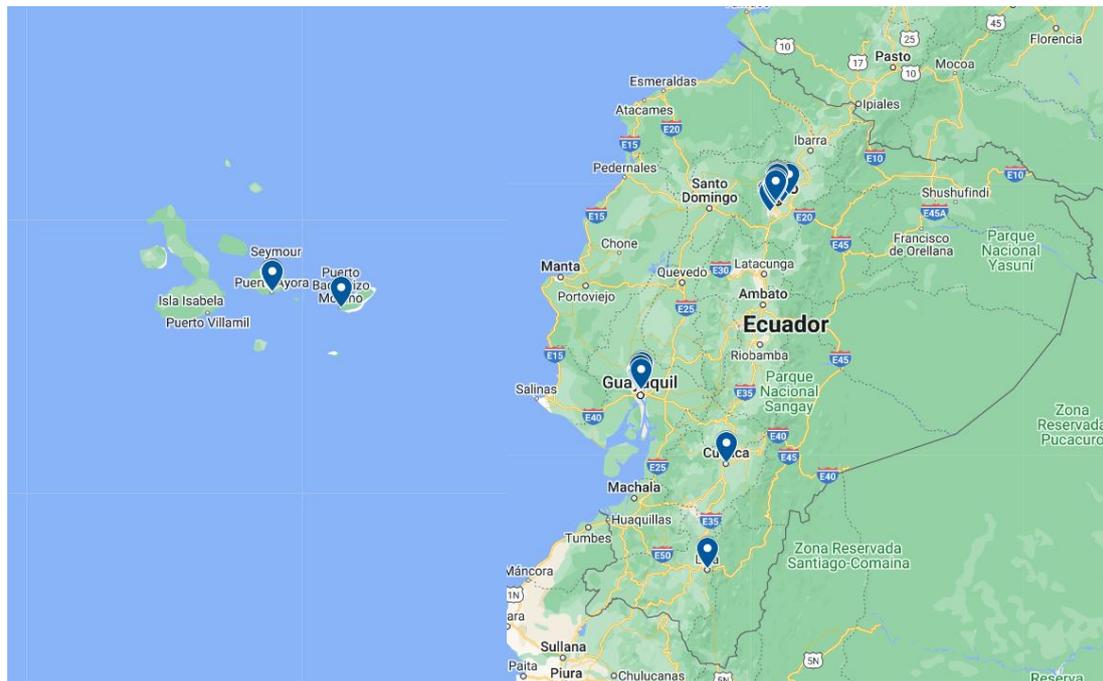
**Tabla 8.** Valor de k según latitud, mes del año y ángulo de inclinación óptima del panel.

Latitud: -4°

Incl.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0.97	0.98	1	1.02	1.03	1.03	1.02	1.01	1	0.99	0.97	0.97
10	0.94	0.96	1	1.03	1.05	1.05	1.04	1.02	1	0.96	0.94	0.93
15	0.9	0.93	0.98	1.03	1.06	1.07	1.05	1.02	0.98	0.94	0.9	0.88
20	0.85	0.9	0.96	1.03	1.07	1.08	1.06	1.02	0.97	0.9	0.85	0.83
25	0.8	0.86	0.94	1.02	1.07	1.08	1.05	1.01	0.94	0.86	0.8	0.77
30	0.74	0.81	0.91	1	1.06	1.07	1.05	0.99	0.91	0.82	0.74	0.71
35	0.67	0.76	0.87	0.98	1.05	1.06	1.03	0.97	0.87	0.77	0.68	0.64
40	0.6	0.7	0.82	0.95	1.03	1.04	1.01	0.94	0.83	0.71	0.61	0.57
45	0.53	0.64	0.77	0.91	1	1.02	0.98	0.9	0.78	0.65	0.54	0.5
50	0.46	0.57	0.72	0.87	0.97	0.99	0.95	0.86	0.73	0.59	0.47	0.42
55	0.38	0.5	0.66	0.82	0.93	0.95	0.91	0.81	0.67	0.52	0.39	0.34
60	0.3	0.43	0.6	0.76	0.88	0.91	0.86	0.76	0.61	0.45	0.31	0.25
65	0.22	0.35	0.53	0.7	0.83	0.86	0.81	0.71	0.55	0.37	0.23	0.17
70	0.13	0.27	0.46	0.64	0.77	0.81	0.76	0.65	0.48	0.3	0.15	0.12
75	0.1	0.19	0.38	0.57	0.71	0.75	0.7	0.58	0.41	0.22	0.12	0.11
80	0.1	0.11	0.31	0.5	0.64	0.69	0.64	0.52	0.34	0.14	0.11	0.1
85	0.09	0.09	0.23	0.43	0.57	0.62	0.57	0.45	0.26	0.12	0.1	0.09
90	0.08	0.08	0.15	0.35	0.5	0.55	0.5	0.37	0.19	0.11	0.1	0.09

Fuente. (MIDUVI, 2014)

**Anexo 2.** Puntos de estaciones de recarga eléctrica en Ecuador.



**Figura 45:** Mapa de Electrolineras de Ecuador.  
**Fuente.** (Aeade, 2020).



#### Anexo 4. Entrevista sobre características técnicas de scooters distribuidos en la ciudad.



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con sistema de cobro automático para un scooter eléctrico alimentado con energía fotovoltaica

#### Entrevista

##### Presentación:

Mi nombre es Robert Cabrera, soy estudiante de la carrera de Ingeniería electromecánica y en este momento me encuentro realizando mi trabajo de titulación. Me acojo a su predisposición para conocer un poco más de las características técnicas del patinete eléctrico como nueva alternativa de transporte. Cabe destacar que toda la información obtenida será utilizada con fines académicos.

a) ¿Cuántas marcas de scooters son las más solicitadas?

Xiaomi, Get moving, Ninebot, Horwin, eswing, citycoco, moto 2p, MGIT, MTG, Lande, Velocifem.

b) ¿En qué voltajes trabajan los diferentes tipos de scooters?

24V no muy común. 36V, 42V, 48V, 60V, 72V, 84V.

c) ¿Cuántos tipos de salidas de conectores son los que existen en el mercado local para los scooters eléctricos?

5 comunes

d) ¿Qué potencia requieren los diferentes tipos de scooters?

Max 300W output DC

e) ¿Qué nivel de corriente de carga necesitan los scooters en el modo de carga normal?

2A baja-lenta      5A media-normal      8A alta-rápida

a) ¿Qué nivel de corriente de carga necesitan los scooters en el modo de carga rápida?

8A

Robert Cabrera  
rscabrerac@unl.edu.ec  
0987374048



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con sistema de cobro automático para un scooter eléctrico alimentado con energía fotovoltaica

a) ¿Qué tiempo de carga requieren los diferentes tipos de scooters que existen en el mercado, en el modo de carga normal?

6-8 horas rápida 1h 8A

Firma del entrevistado.

Nombre: Luis Quiñe Corde

Fecha: 10/02/2023

Robert Cabrera  
[rscabrerac@unl.edu.ec](mailto:rscabrerac@unl.edu.ec)  
0987374048

**Anexo 5.** Variables de entrada y salida del código desarrollado para control de sistema de carga de la estación.

```
const int Rele_2=52; //pin de salida # 52 que envía señal al relé 2 para activar voltaje de 36V
const int Rele_3=50; pin de salida # 50 que envía señal al relé 2 para activar voltaje de 48V
const int Rele_4=48; pin de salida # 48 que envía señal al relé 2 para activar voltaje de 54V
```

## Anexo 6. Características técnicas módulo relé OPTO disparador de alto nivel voltaje.



**Figura 47.** Módulo relé 5V, 10A.  
**Fuente.** (Optimus Digital, 2023).

### Característica:

Este módulo utiliza un relé de calidad genuina Aislamiento del optoacoplador SMD de interfaz normalmente abierta, capacidad de accionamiento fuerte y rendimiento estable El módulo puede disparar alto o bajo mediante la configuración del puente Diseño tolerante a fallos, el relé no funcionará incluso si se destruye la línea de control Indicador de encendido (verde), indicador de estado del relé (rojo)

Diseño de interfaz fácil de usar, todas las interfaces se pueden conectar directamente a través de los cables de terminal, muy conveniente

**Parámetro:** Carga máxima: CA 250V / 10A, DC 30V / 10A Corriente de disparo: 5mA

Voltaje de funcionamiento: 5V, 9V, 12V, 24V Tamaño del módulo:

**50 x 26 x 18.5 mm** (largo x ancho x alto)

Cuatro orificios para pernos de fijación, 3,1 mm de diámetro

**Interfaz del módulo:** DC +: Potencia positiva (VCC) DC -: Fuente de alimentación negativa (GND)

EN:

Relé de control de nivel alto o bajo

**Salida de relé:** NO: Relé interfaz normalmente abierta

COM: Relé de

interfaz universal NC:

Relé interfaz normalmente cerrada

**Anexo 7.** Módulo elevador de voltaje seleccionado.



**Figura 48.** Módulo elevador de voltaje dc-dc  
**Fuente.** (laelectronica.com.gt, 2022).

Características técnicas de modulo elevador de voltaje (Dc-Dc Step Up Boost"). Para características técnicas más detallad visitar la página web <https://www.centioc.com/dc-dc-1200w-20a-cc-cv-boost-converter-step-module-constant-current-constant-voltage-power-supply-module-10v-60v-12v-83v-regulator>.

- Voltaje de entrada: 8V a 60V DC
- Voltaje de salida: 12V a 83V DC
- Corriente nominal de salida: 20A (ajustable)
- Potencia de salida: 20A\*Voltaje de entrada
- Eficiencia de conversión: 94%
- Dimensiones: 130mm x 52mm x 46m
- Protección limitadora de corriente: Sí
- Protección frente a inversión de polaridad: No

## Anexo 8. Ficha técnica de batería POWEST 12V 100 A h

BATERIA SELLADA 12V-100 AH REF. FL121000GS

**POWEST®**

### Especificaciones



### Aplicaciones

- De uso múltiple.
- Fuente de alimentación. Ininterrumpida (UPS).
- Sistema de potencia Eléctrica (EPS).
- Alimentación de reserva de emergencia.
- Luz de emergencia.
- Señal ferroviaria.
- Señal de aeronaves.
- Alarma y sistema de seguridad.
- Aparatos y equipos electrónicos.
- Fuente de alimentación comunicación.
- Fuente de alimentación DC.
- Sistema de control automático.

Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal (20 Hr)	100.0 Ah
Dimensiones	Longitud 330.0±3mm (13.0") Ancho 172±2mm (6.81") Altura 212.0±3mm (8.35") Altura Total 215.0±3mm (8.46")
Peso Aproximado	Aprox. 32.6 kg (71.9 lbs)
Terminal	T11-M8
Material del Envase	ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0)
Rango de Operación	104.0 AH/5.20 A (20hr, 1.80V/Celda, 25° C/77°F) 100.0 AH/10.0A (10hr, 1.80V/Celda, 25° C/77°F) 88.0 AH/17.6A (5hr, 1.75V/Celda, 25° C/77°F) 76.2 AH/25.4A (3hr, 1.75V/Celda, 25° C/77°F) 63.3 AH/100A (1hr, 1.60V/Celda, 25° C/77°F)
Máxima Corriente de Descarga	1127A(5s)
Resistencia Interna	Aprox. 5mΩ
Rango de Temperatura de Operación	Descarga -15-50°C (5-122°F) Carga -15-40°C (5-104°F) Almacenamiento -15-40°C (5-104°F)
Rango Nominal de Temp. de Operación	25±3°C (77±5°F)
Ciclo de Uso	Corriente de carga inicial de menos de 30.0A. Voltage. 14.4V - 15.0V a 25° C (77° F) de temperatura. Coeficiente -30mV/°C
Modo Espera	No hay limite en la carga inicial de tensión actual. 13.5V - 13.8V a 25°C (77° F) Temp. Coeficiente -20mV /°OC
Capacidad Afectada por la temperatura	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Auto- descarga	Las Baterías de la serie POWEST GS se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición. Para temperaturas más altas del intervalo de tiempo será más corto.

### Corriente Constante de Descarga (Amperios) a 25 °C (77 °F)

V/Tiempo	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/Celda	173,6	146,4	130,2	115,3	87,5	65,2	52,4	31,3	23,5	19,2	16,4	14,4	11,6	9,65	5,13
1.80V/Celda	210,0	167,6	143,7	123,5	92,1	68,7	55,1	33,1	24,6	20,2	17,2	15,0	12,0	10,0	5,20
1.75V/Celda	237,0	186,3	154,0	130,8	96,5	71,3	57,1	34,4	25,4	20,7	17,6	15,3	12,2	10,1	5,29
1.70V/Celda	261,6	199,5	165,1	138,9	101,8	74,6	59,5	35,3	26,0	21,2	17,9	15,6	12,4	10,2	5,34
1.65V/Celda	291,7	215,1	178,5	146,6	106,7	77,4	61,9	36,3	26,7	21,7	18,3	15,9	12,6	10,3	5,40
1.60V/Celda	330,8	232,5	188,5	154,3	112,3	80,5	63,8	37,5	27,6	22,2	18,6	16,2	12,7	10,5	5,45

### Potencia Constante de Descarga (Watos/celda) a 25 °C (77°F)

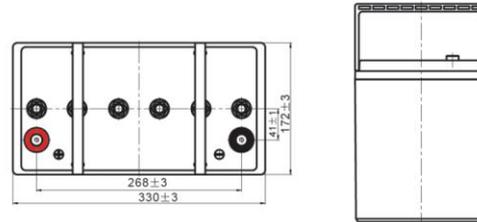
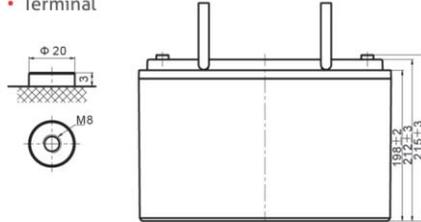
V/Tiempo	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/Celda	322,5	274,9	247,1	220,5	168,5	126,4	102,2	60,8	45,7	37,5	32,2	28,2	22,9	19,1	10,2
1.80V/Celda	386,4	312,2	271,0	235,1	176,8	132,7	107,2	63,8	47,7	39,2	33,6	29,4	23,7	19,8	10,3
1.75V/Celda	431,3	344,9	288,7	247,8	184,3	137,3	110,8	66,0	49,1	40,1	34,3	29,9	24,0	19,9	10,4
1.70V/Celda	470,9	366,5	307,7	261,8	193,6	143,0	115,0	67,6	50,1	41,0	34,8	30,4	24,3	20,1	10,5
1.65V/Celda	519,3	391,4	330,2	274,5	201,9	147,7	119,1	69,2	51,3	41,8	35,3	30,8	24,6	20,3	10,6
1.60V/Celda	578,9	418,2	345,1	286,6	211,1	152,9	122,4	71,1	52,7	42,6	35,9	31,3	24,8	20,5	10,7

www.powest.com

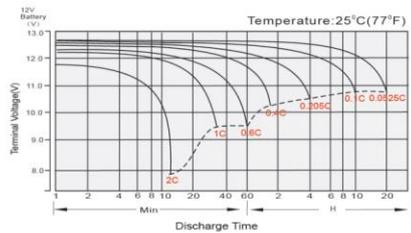
**Figura 49.** Ficha técnica Batería marca POWEST Fuente. (POWEST, 2023)

Dimensiones (mm)

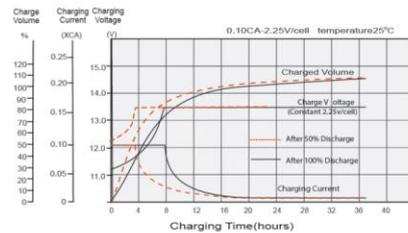
- Terminal



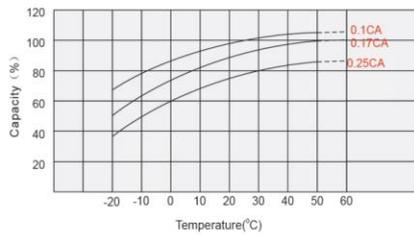
Características de Descarga



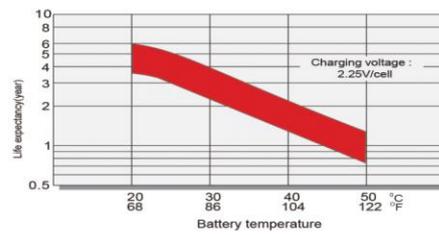
Características de Carga en flotación



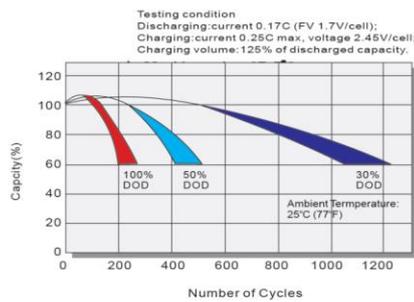
Efectos de la temperatura en relación con la capacidad de la batería



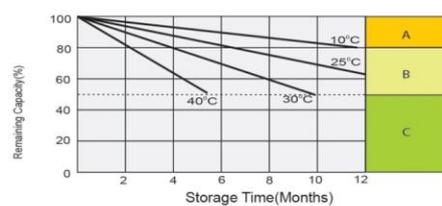
Efecto de la temperatura sobre la vida útil de la batería en flotación



Ciclo de vida en relación a la profundidad de descarga



Características de Auto-descarga



- A** No requiere carga suplementaria (Realizar la carga suplementaria antes de usar si se requiere el 100% capacidad).
- B** Se requiere carga suplementaria antes usar. Opciones de Carga:  
1.Cargar durante 3 días con una corriente constante 0.25CA y un Voltaje constante 2.25V / celda.  
2.Cargar durante 20 horas con una corriente constante 0.25CA y un Voltaje constante 2.25V / celda.  
3.Cargar durante 8-10 horas con una corriente limitada 0,05CA.
- C** Después de realizar cargas suplementarias es difícil recuperar la capacidad de la batería. La batería no debe almacenarse por periodos prolongados de tiempo.

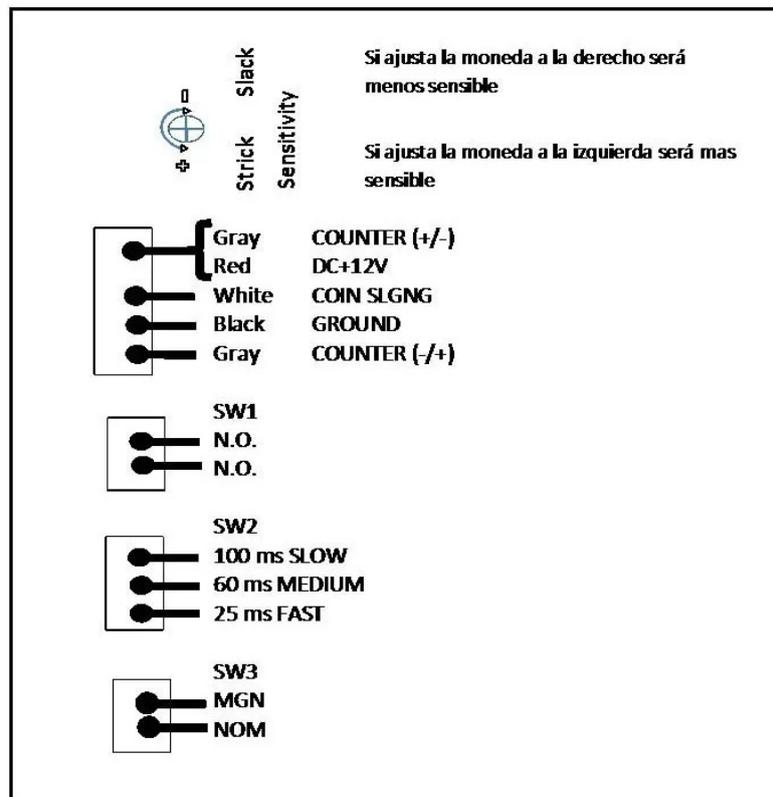
Figura 50. Ficha técnica Batería marca POWEST Fuente. (POWEST, 2023)

**Anexo 9.** Características técnicas pantalla Nextion 3,5 pulgadas seleccionada.



**Figura 51:** Pantalla NEXTIÓN TFT  
**Fuente.** (NEXTION, 2023)

**Anexo 10.** Características técnicas del Monedero electrónico seleccionado.



**Figura 52:** Característica técnica monedero electrónico  
**Fuente.** (Mercado Libre, 2023)

**Anexo 11.** Ficha técnica de regulador de carga seleccionado.

# POWEST®

POWEST *Controlador SCC-MPPT3 KW*

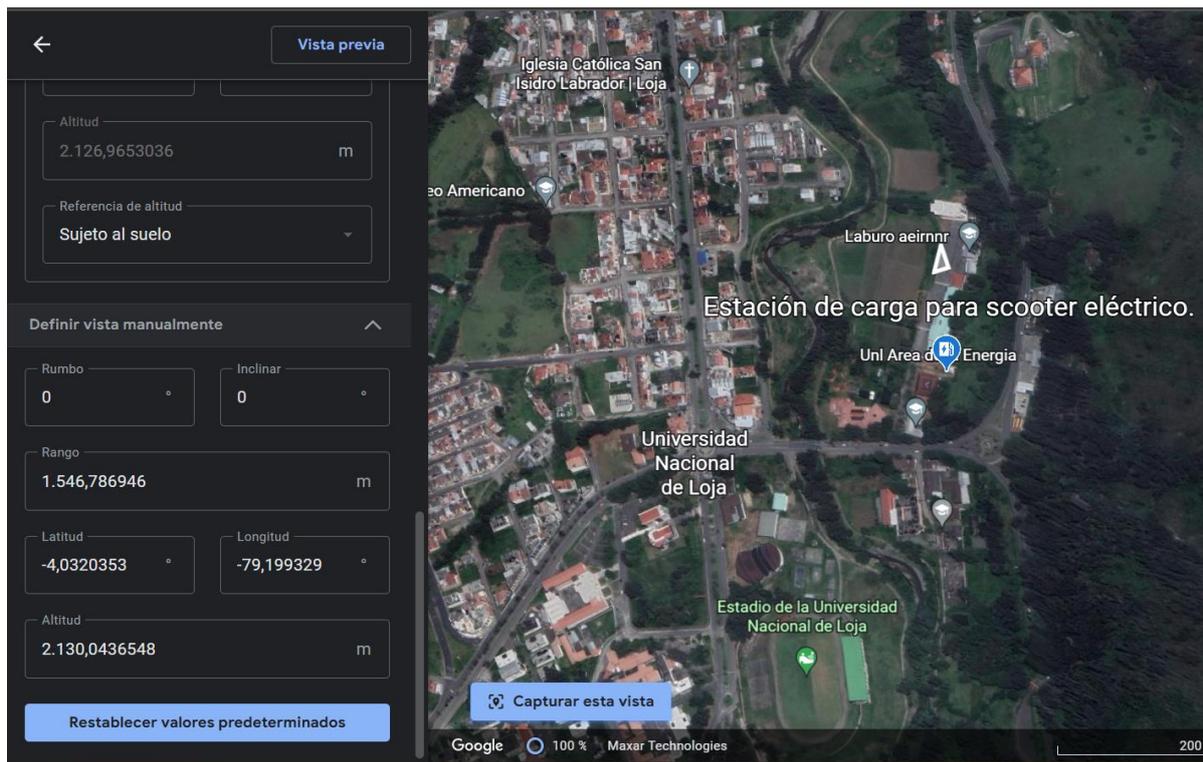


- La tecnología inteligente de seguimiento del punto de máxima potencia aumenta la eficiencia en un 25% ~ 30%
- Compatible para sistemas fotovoltaicos en 12V, 24V o 48V
- La carga en tres etapas optimiza el rendimiento de la batería.
- Máxima corriente de carga hasta 60A
- Máxima eficiencia hasta 98%
- El sensor de temperatura de la batería (BTS) proporciona automáticamente compensación de temperatura.
- Admite una amplia gama de baterías de plomo-ácido, incluidas baterías de inundación abiertas, selladas AGM y de gel.
- LCD multifunción muestra información detallada.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONTROLADORES DE CARGA SOLAR			
Modelo	MPPT 3KW		
Referencia	SCC-MPPT 3KW		
<b>ENTRADA PV</b>			
Rango MPPT	60 VDC - 115VDC		
Voltaje máximo de circuito abierto PV	145VDC		
Máxima potencia de entrada	800W	1600W	3200W
Máxima Corriente de entrada	50 A		
<b>BATERÍA</b>			
Voltaje Nominal de Batería	12V	24V	48V
Tipo de batería	Plomo ácido sellada, AGM o gel		
Máxima Corriente de carga	60 A		
Eficiencia	98%		
Método de carga	Tres etapas: bulk, absorción y flotación.		
<b>FÍSICO</b>			
Dimensiones, Profundo * Ancho * Alto (mm)	315 * 165 * 128		
Peso neto (kg)	4,5		
Tipo de protección mecánica	IP 31		
<b>COMUNICACIÓN</b>			
Estándar	RS-232 y contacto seco		
Opcional	USB, Modbus y SHMP		
<b>AMBIENTE</b>			
Humedad	5 - 95% HR (sin condensación)		
Temperatura de funcionamiento	0°C a 55°C		
Temperatura de almacenamiento	-15°C a 60°C		

**Figura 53:** Ficha técnica controlador de carga marca POWEST  
**Fuente.** (POWEST, 2023)

**Anexo 12.** Mapa de emplazamiento de estación de carga en coordenadas geográficas.



**Figura 54.** Mapa con latitud y longitud del lugar de emplazamiento de la estación.  
**Fuente.** (Google, 2023)

## Anexo 13. Características técnicas de panel fotovoltaico 100W.



### SPM100P

#### FEATURE:

- IEC61215, TUV certification
- UL 1703 certification
- ETL Class I, Division 2, Groups C and D certification
- Using high efficiency 6" Multicrystalline cells.
- Using low iron tempered glass and an EVA pottant with TPT back sheet to encapsulated cells.
- Anodized aluminum frame protected structural strength.
- 10 years limited warranty of 90% power output and 25 years limited warranty of 80% power output.



#### High-efficiency, High-Quality Multicrystalline Photovoltaic Module

SOLARTECH POWER manufactures clean, elegant and durable modules with advanced industry-leading performance for different electrical power requirements. It is designed and built to deliver highest efficiency and reliable power for on-grid residential and commercial systems worldwide.



Solartech 100Watt panels could applied in electrification of villages in remote areas, Power source for summer vacation homes, Emergency communication systems, Microwave/radio repeater stations ,etc.

UL No.: E330673 TUV No.:0000022551 IEC No.:C1-ASN07001 ETL No.:4001057



Solartech Power, Inc.  
1070 N. Kraemer Place  
Anaheim, CA 92806 USA  
Tel: 714-630-8881 Fax: 714-630-8887  
www.solartechpower.com  
E-mail: [sales@solartechpower.com](mailto:sales@solartechpower.com)

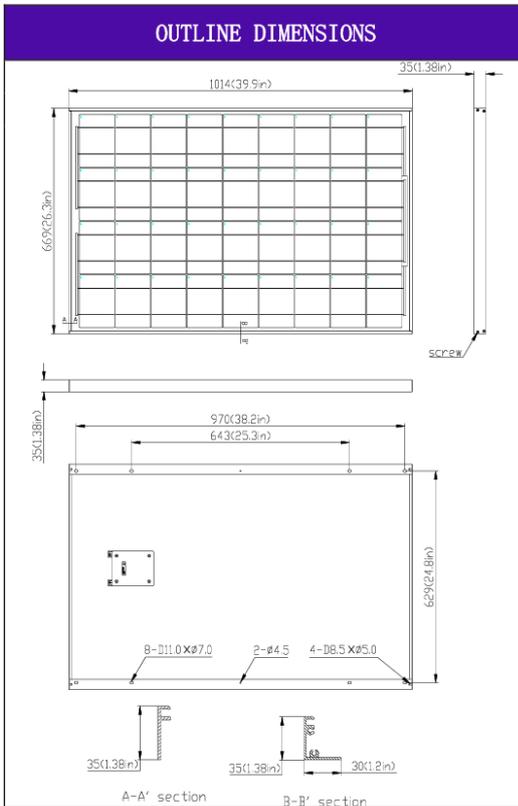
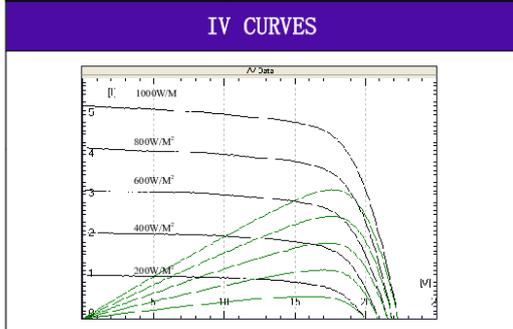
**Figura 55.** Mapa con latitud y longitud del lugar de emplazamiento de la estación.  
**Fuente.** (Google, 2023)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS			
	SPM100P		
Power at STC (Pm)	100W		
Maximum power voltage (Vpm)	18.6V		
Maximum power current (Ipm)	5.38A		
Open circuit voltage (Voc)	22.8V		
Short circuit current (Isc)	5.76A		
Tolerance	±5%		
Module efficiency	14.8%		
Standard test conditions	Temperature 25°C, Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , AM=1.5		
Maximum system voltage	1000V DC	Series fuse rating	10A
Temperature coefficient	Isc: 0.05%/K	Voc: -0.36%/K	Pmax: -0.46%/K

Specifications	
Cell	Multicrystalline silicon solar cell, (156mmx104mm)
No. of cell and connection	36 (4x9)
Dimension	1014mm (39.9in) x 669mm (26.3in) x 35mm (1.38in)
Weight	9KG

AMBIENT CONDITIONS	
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Storage Humidity	<90%

OUT PUT	
Type of output terminal	Junction box
Cable	



UL No.: E330673    TUV No.: 0000022551    IEC No.: C1-ASN07001    ETL No.: 4001057



For product and purchasing inquiries contact:



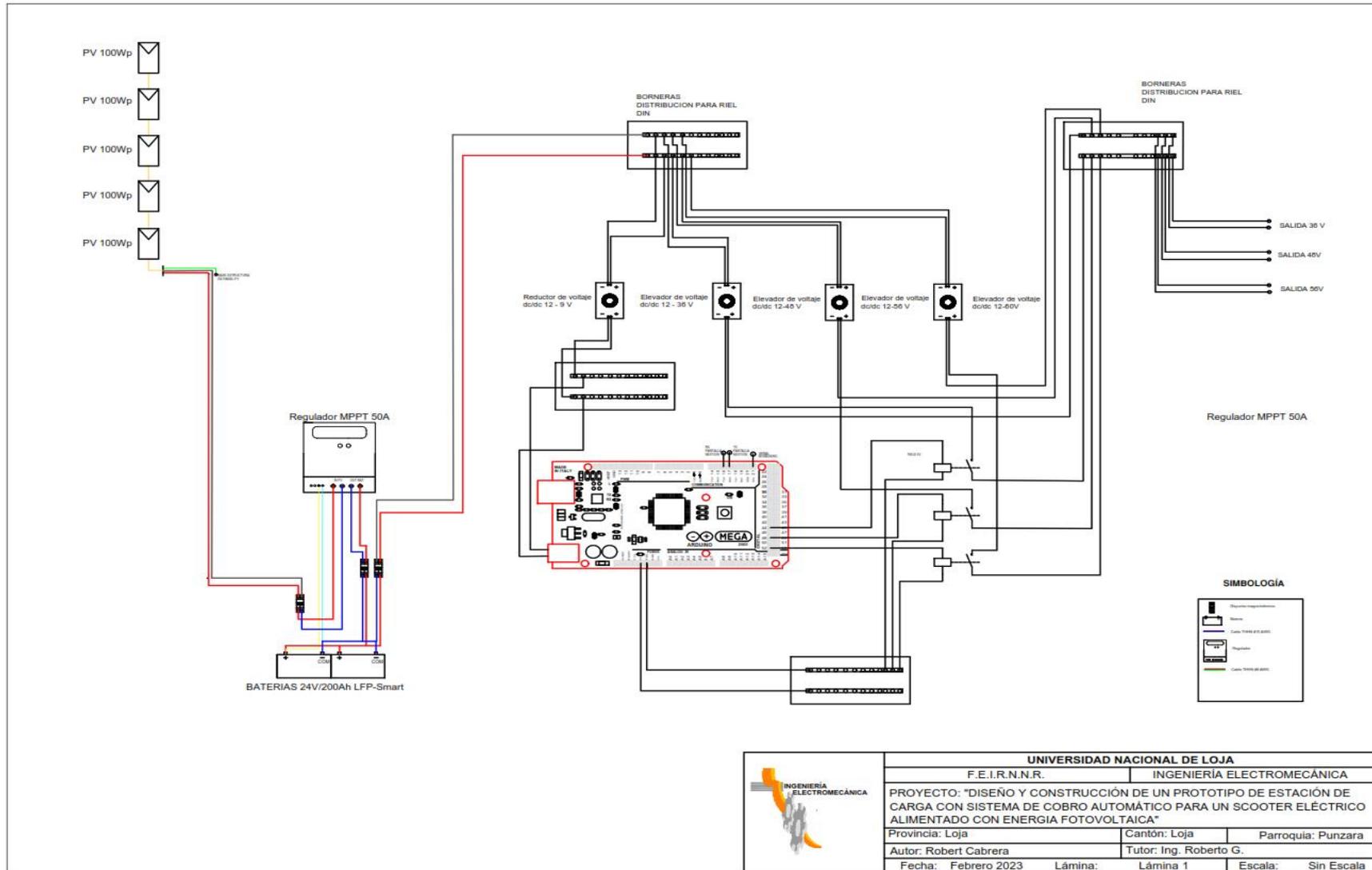
Solartech Power, Inc.  
 1070 N. Kraemer Place  
 Anaheim, CA 92806 USA  
 Tel: 714-630-8881 Fax: 714-630-8887  
 www.solartechpower.com  
 E-mail: [sales@solartechpower.com](mailto:sales@solartechpower.com)



**ecodirect**  
 CLEAN ENERGY SOLUTIONS  
 www.ecodirect.com

**Figura 56.** Mapa con latitud y longitud del lugar de emplazamiento de la estación.  
**Fuente.** (Google, 2023)

**Anexo 14.** Esquema eléctrico general de conexión del sistema.



## CERTIFICACIÓN

Loja, (7) de abril de 2023

Licenciada

**Sara Janeth Espinosa Guzmán**

**Docente del Ministerio de Educación**

En mi calidad de Licenciada en Pedagogía de Idioma Inglés con capacidades que pueden ser probadas a través de la certificación de conocimiento del Inglés, nivel B2, he realizado la traducción del resumen del trabajo de tesis denominado: “**Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga con sistema de cobro automático para un scooter eléctrico alimentada con energía fotovoltaica**” perteneciente al señor estudiante **Robert Servio Cabrera Cabrera** con C.I. **1104672249**.

Es en cuento puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado, señor estudiante: **Robert Servio Cabrera Cabrera**, hacer uso legal del presente según estime conveniente.

Atentamente,



---

**Sara Espinosa Guzmán**  
**Docente del Ministerio de Educación**  
**Nro registro Senecyt 1031-2022-2416269**